MANUALI
HOEPLI

E. Gnesutta

Le
Radio
Comunica-
zioni

L. 9.-

MANUALI HOEPLI

E. GNESUTTA

RADIO
COMUNICAZIONI

RADIOTELEGRAFIA
RADIOTELEFONIA

ULRICO HOEPLI - EDITORE - MILANO

MANUALI HOEPLI

EUGENIO GNESUTTA

LE
RADIO COMUNICAZIONI

Elementi di elettrotecnica riguardanti la T.S.F. Trasmissione - Ricezione - Triodo o valvola termoionica - Radiotelefonia - Radiogoniometria Costruzione e montaggi pratici - Posti ricevitori con triodi

108 INCISIONI NEL TESTO

ULRICO HOEPLI
EDITORE - LIBRAIO DELLA REAL CASA
MILANO
—
1924

Milano — Tipografia Umberto Allegretti — Via Orti 2.
(Printed in Italy)

AL MIO ILLUSTRE MAESTRO

PROF. COMM. RICCARDO ARNÒ.

PREFAZIONE

Le radiocomunicazioni, in virtù dei grandi progressi fatti in questi ultimi anni, non sono più gli antichi incerti collegamenti fra due stazioni, ma rappresentano un sicuro mezzo di comunicazione che permette, per quanto riguarda la telegrafia, un traffico continuato e velocissimo quale non si può ottenere coi cavi sottomarini. Solo poi colla radiotelefonia, sarà possibile parlare attraverso gli oceani.

All'estero, specialmente negli Stati Uniti, in Inghilterra, in Francia, la radiotelefonia ha avuto in questi ultimi anni un grandissimo sviluppo, tanto che si contano a parecchie centinaia di migliaia i possessori di apparecchi di ricezione. Ciò ha potuto verificarsi perchè nei detti paesi i governi non hanno posto restrizioni nel concedere le licenze. In Italia finora poco si è fatto, in causa delle grandissime difficoltà di ottenere le licenze; conseguentemente ben pochi sono i cultori di questo importante ed interessantissimo ramo. In virtù però delle nuove disposizioni governative e di altre imminenti che toglieranno le attuali restrizioni, saranno ben presto numerosi anche in Italia gli studiosi ed i dilettanti che potranno, anche con elementari cognizioni di elettrotecnica generale, dedicarsi a questa affascinante scienza.

È precisamente per loro che io ho compilato il presente volume che può dar modo, senza dover affrontare formule di matematica superiore nè difficili concetti, di conoscere in breve tempo come e con quali mezzi avvengano le radiocomunicazioni, nonchè con quali mezzi si possono costruire dei piccoli apparecchi.

Ho ritenuto inutile comprendere in questo mio manuale gli elementi di elettrotecnica generale, che già sono ampiamente trattati in moltissimi altri volumi che il lettore profano in materia consulterà per apprendere le leggi elementari che governano l'elettrotecnica, nonchè per conoscere gli apparecchi più comunemente usati.

Ho rinunciato a fare la storia della radiotelegrafia, come pure a descrivere sistemi ed apparecchi ormai sorpassati, ed ho ritenuto opportuno dedicare uno speciale capitolo al triodo (audion) che è una delle più importanti recenti invenzioni che hanno rivoluzionato il campo delle radiocomunicazioni.

Chi volesse accingersi a costruire ed a sperimentare, troverà nella seconda parte i necessari dati e consigli; e potrà così iniziarsi anche allo studio di apparecchi più complessi in uso nelle più potenti stazioni.

L'AUTORE.

Novembre 1923.

INDICE

CAPITOLO II.

TRASMISSIONE.

CAPITOLO III.

RICEZIONE.

CAPITOLO IV.

TRIODO O VALVOLA TERMOIONICA.

CAPITOLO V.

RADIOTELEFONIA.

CAPITOLO VI.

RADIOGONIOMETRIA.

PARTE II.

Costruzione e montaggi pratici.

CAPITOLO I.

CAPITOLO II.

POSTI RICEVITORI CON TRIODI.

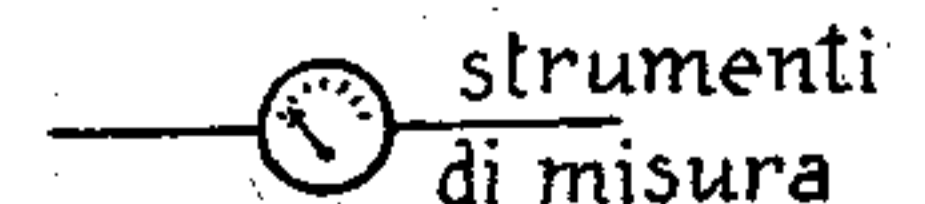
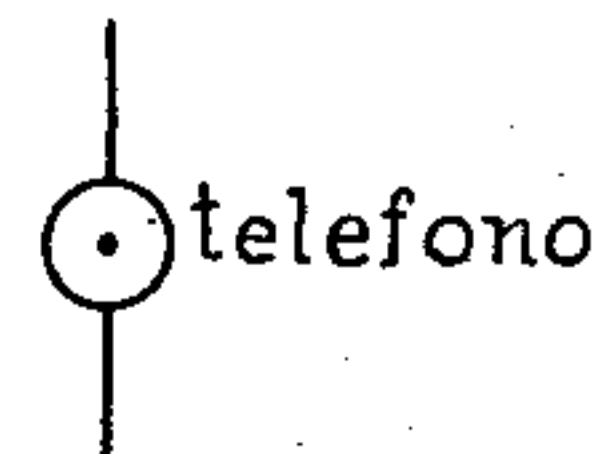
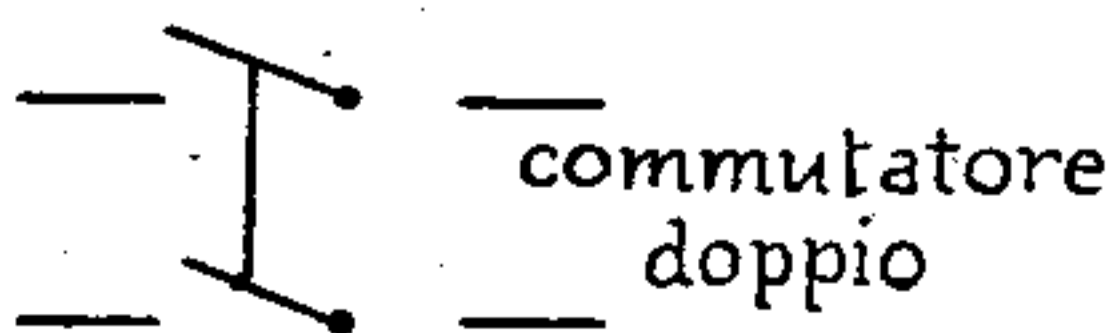
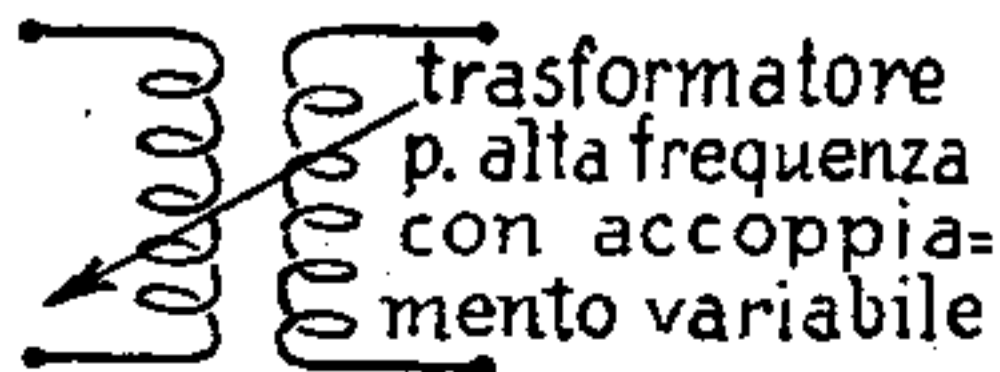
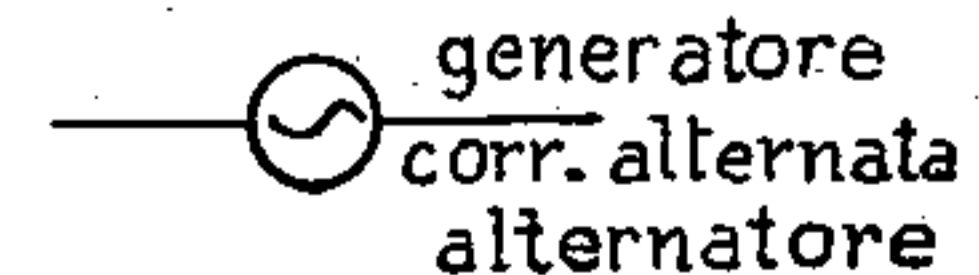
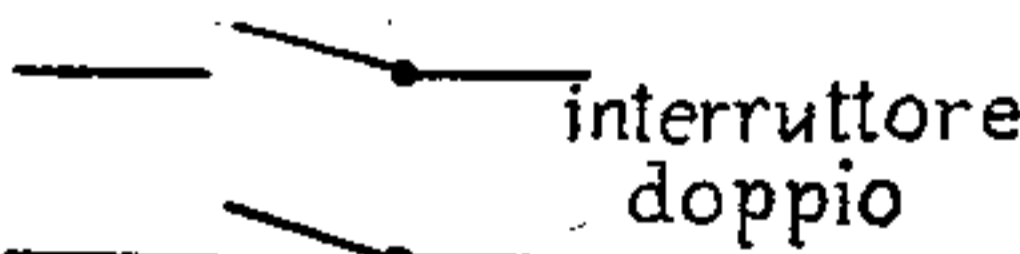
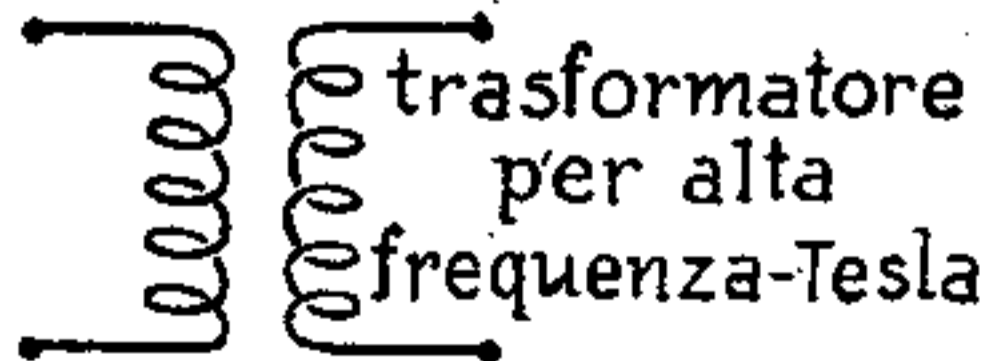
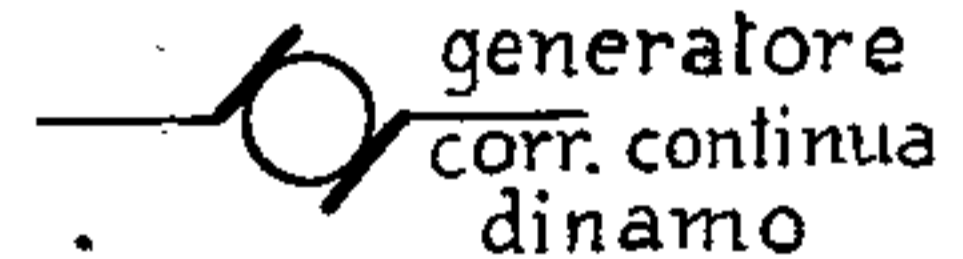
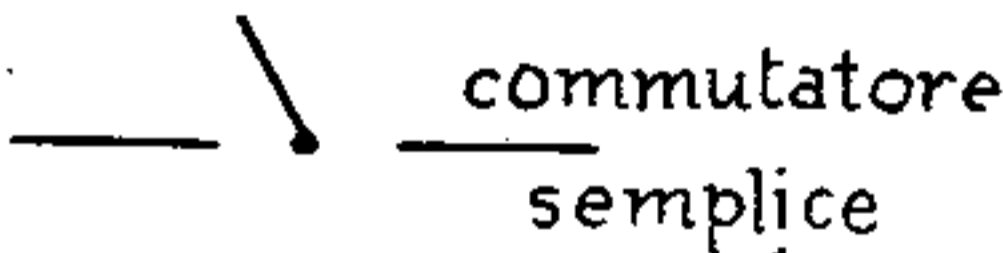
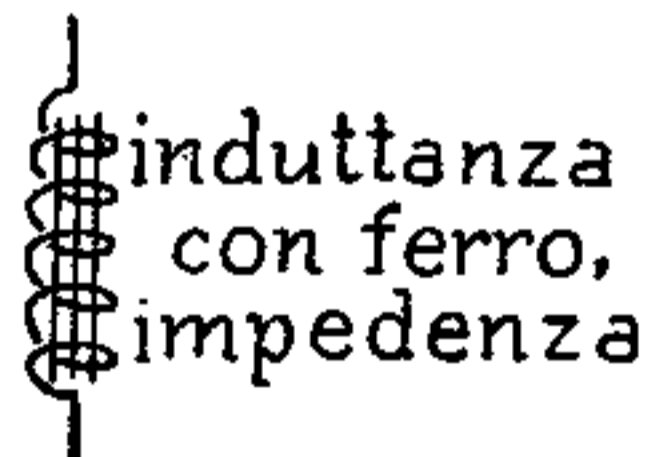
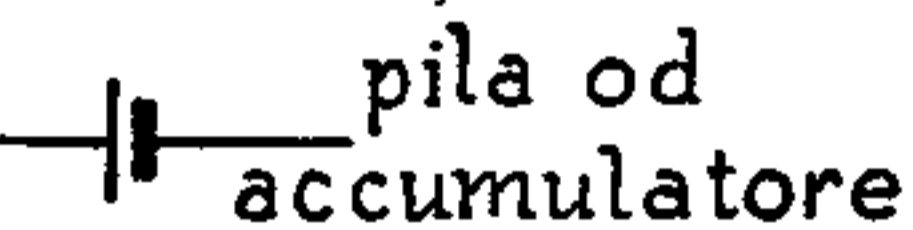
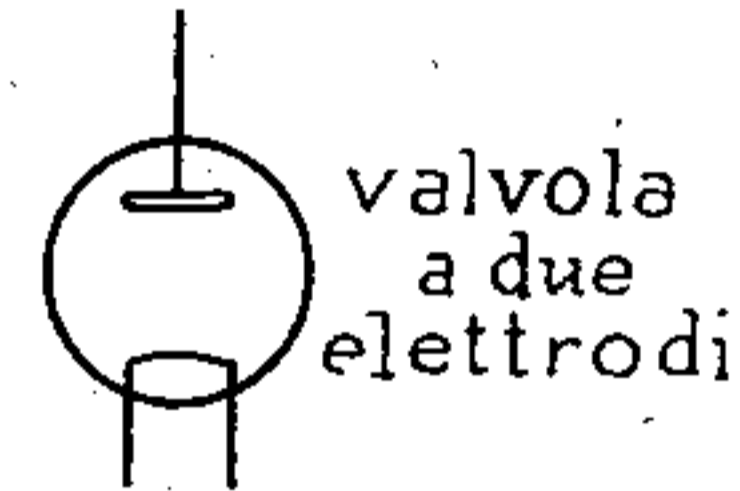
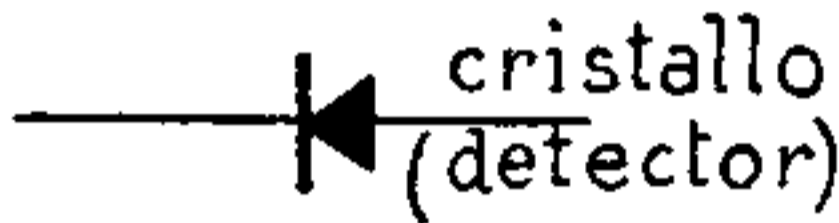
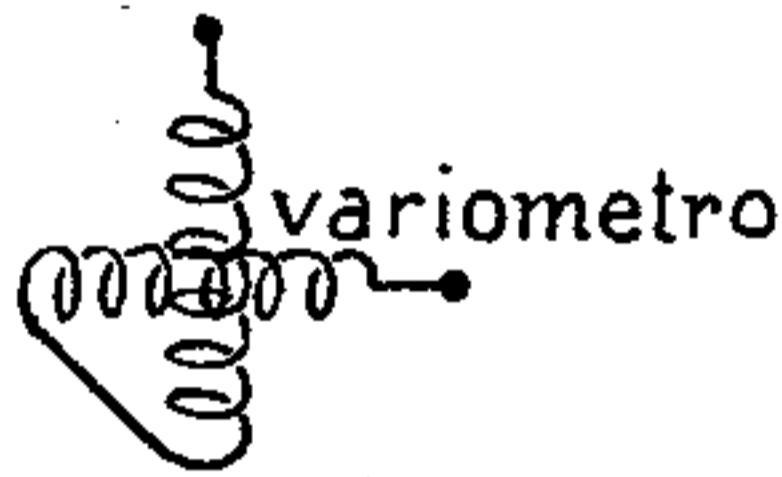
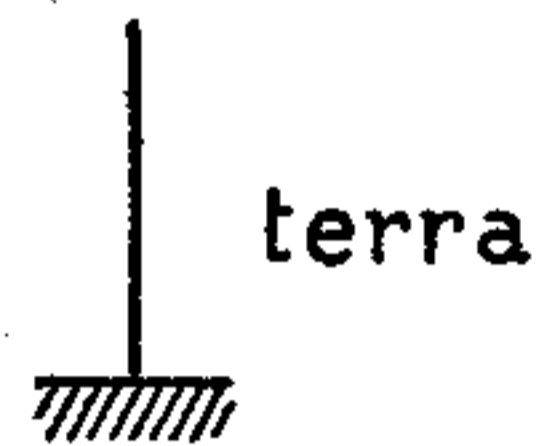
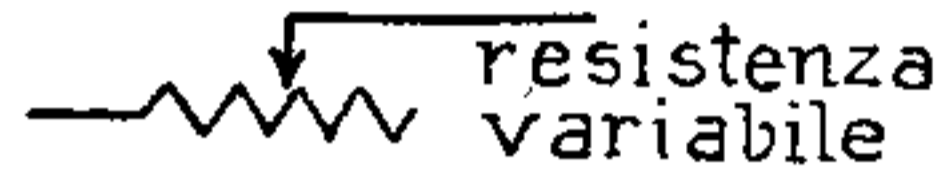
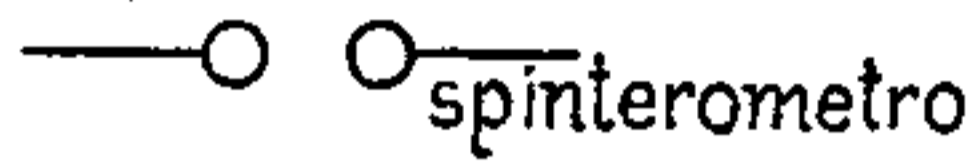
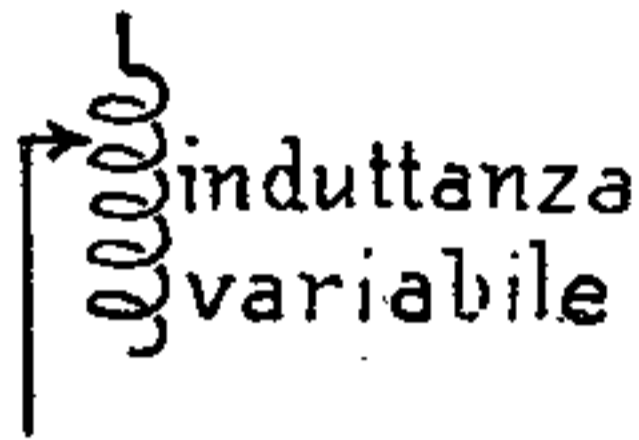
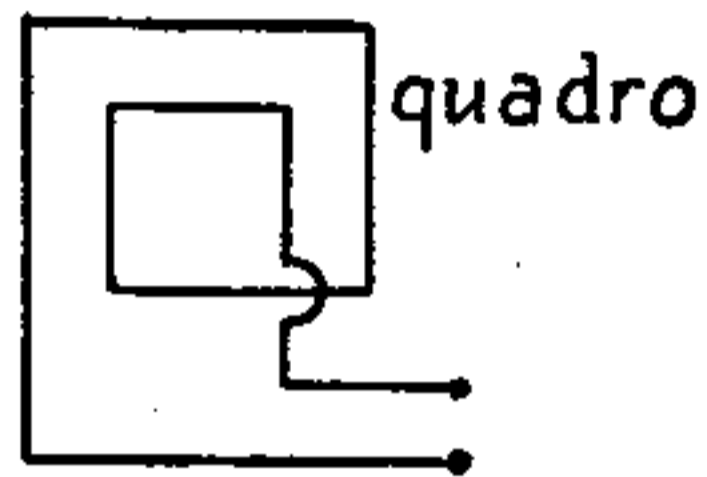
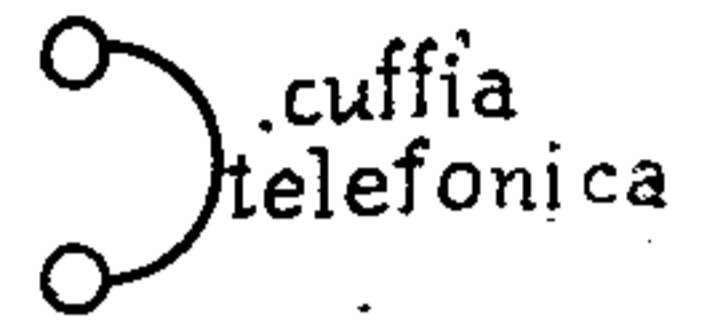
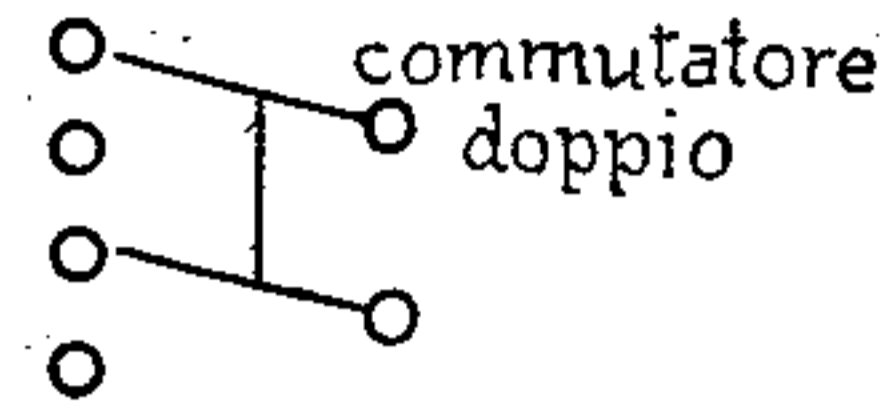
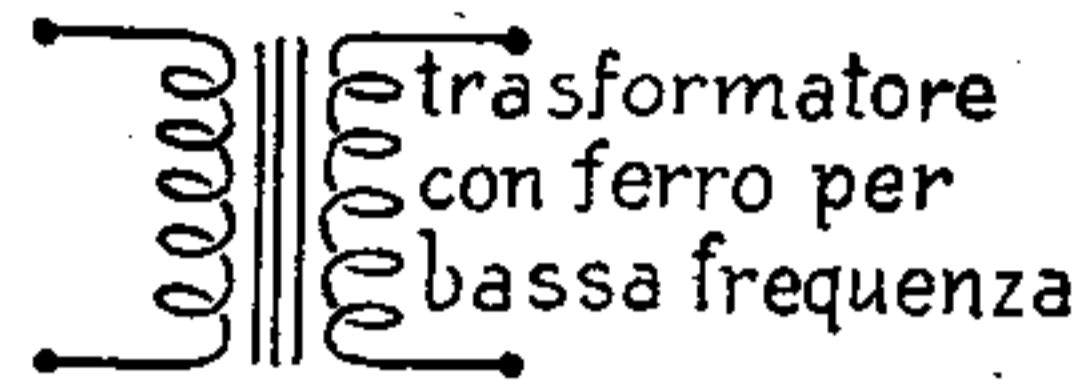
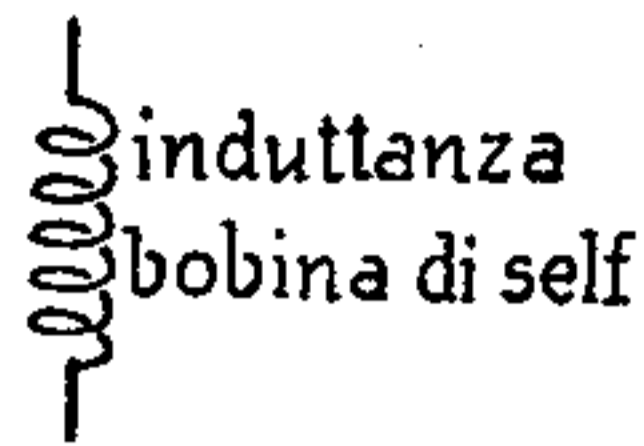
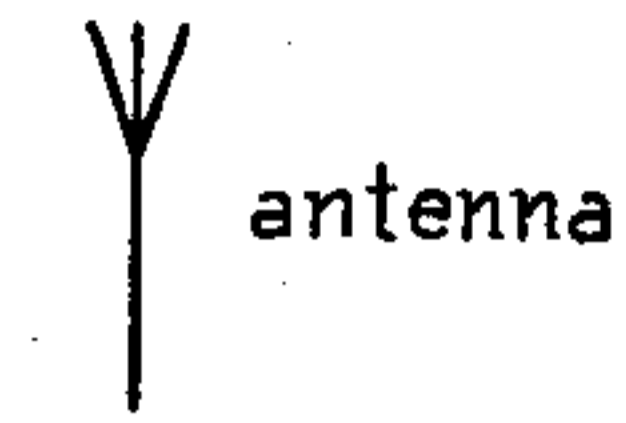
CAPITOLO III.

TELEFONI.

ERRATA CORRIGE.

Pag. 52	»	8 dall'alto	»	condensatore invece di trasformatore
» 72	»	5 »	»	.... ad un .... invece di .... al ....
» 83	»	1 »	»	.... nikel (placca) avente .... invece di .... nikel, avente ....
» 83	»	3 »	»	steno che è il filamento.
» 117	»	9 »	»	ghezze d'onda
» 141	»	4 »	»	.... dell'alfabeto ....

» 175 formola leggere $\frac{k S}{\pi . 4 d}$ invece di $\frac{k S}{\pi . L d}$

SEGNI CONVENZIONALI USATI IN RADIO-CIRCUITI.

PARTE I.

ELEMENTI DI ELETTROTECNICA RIGUARDANTI LA T. S. F.

CAPITOLO I.

ELEMENTI DI ELETTROTECNICA RIGUARDANTI LA T. S. F.

CORRENTI INDOTTE.

Sia *M* un magnete permanente il cui asse è normale al piano della spira *C* di filo conduttore, i cui estremi sono collegati ad uno strumento di misura *G* (fig. 1).

Se noi spostiamo il magnete, secondo il suo asse, ed in un determinato senso, per esempio avvicinandolo alla spira, noi vedremo che lo strumento *G* indicherà il manifestarsi di una corrente nel circuito a cui è collegato e la deviazione dell'ago avverrà in un determinato senso. Se ora noi spostiamo il magnete in senso inverso al precedente, cioè lo allon-

taniamo, lo strumento ci indicherà il manifestarsi di una corrente di senso contrario alla precedente. Se il magnete rimane fermo, non si ha nessuna corrente nella spira.

Le correnti che si generano per effetto degli

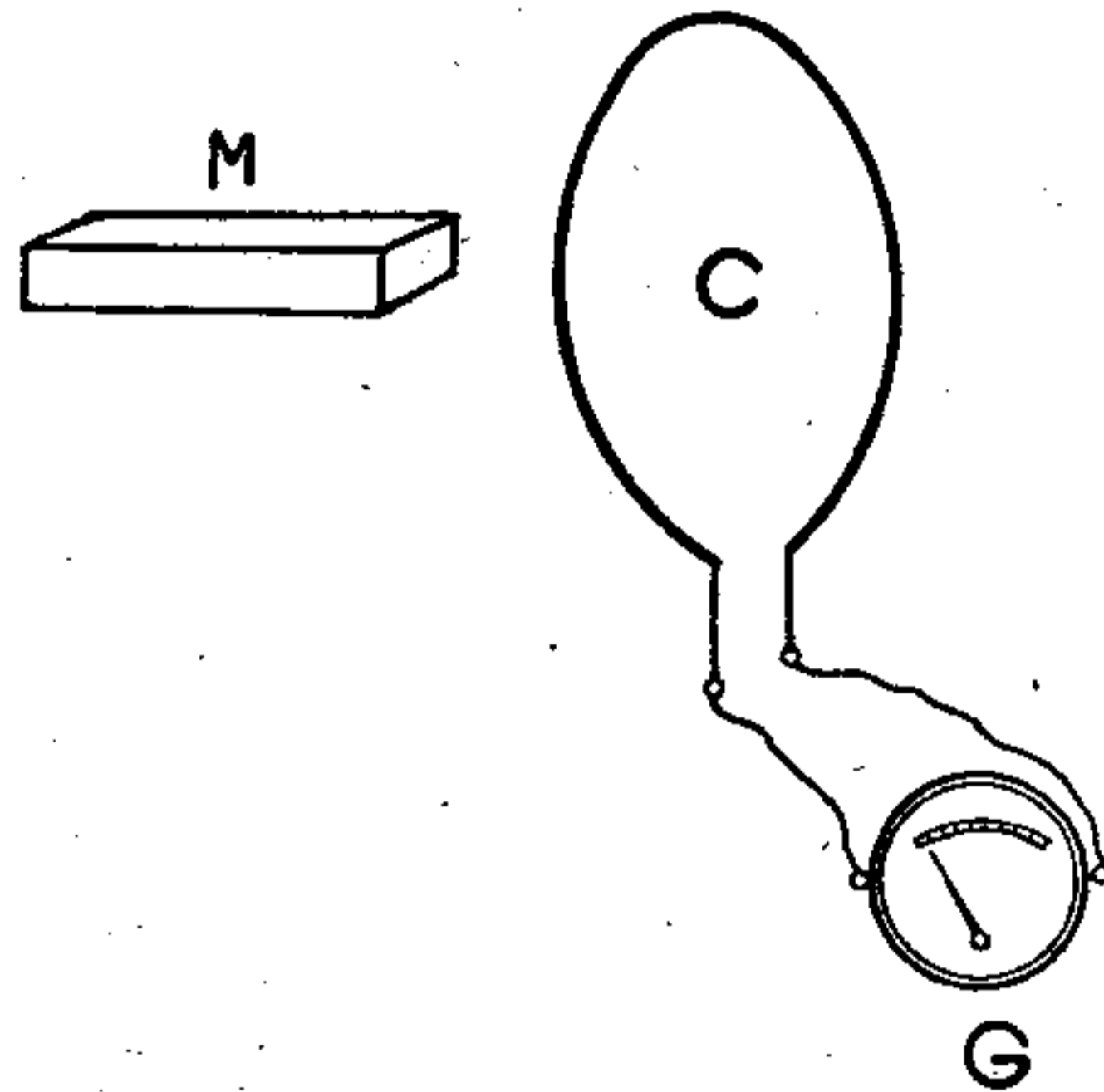



Fig. 1.

spostamenti del magnete, diconsi *correnti indotte*.

Se in una spira, o meglio in diverse spire di filo conduttore formanti un *solenoide*, si fa circolare una corrente, si manifesta un *campo magnetico*, che potremo sostituire al magnete *M*. Per avere poi le correnti indotte

nel circuito della spira *C*, si potrà avvicinare più o meno il solenoide alla detta spira, o meglio sarà sufficiente far variare l'intensità della corrente che percorre il solenoide, in modo di avere una variazione del campo ma-

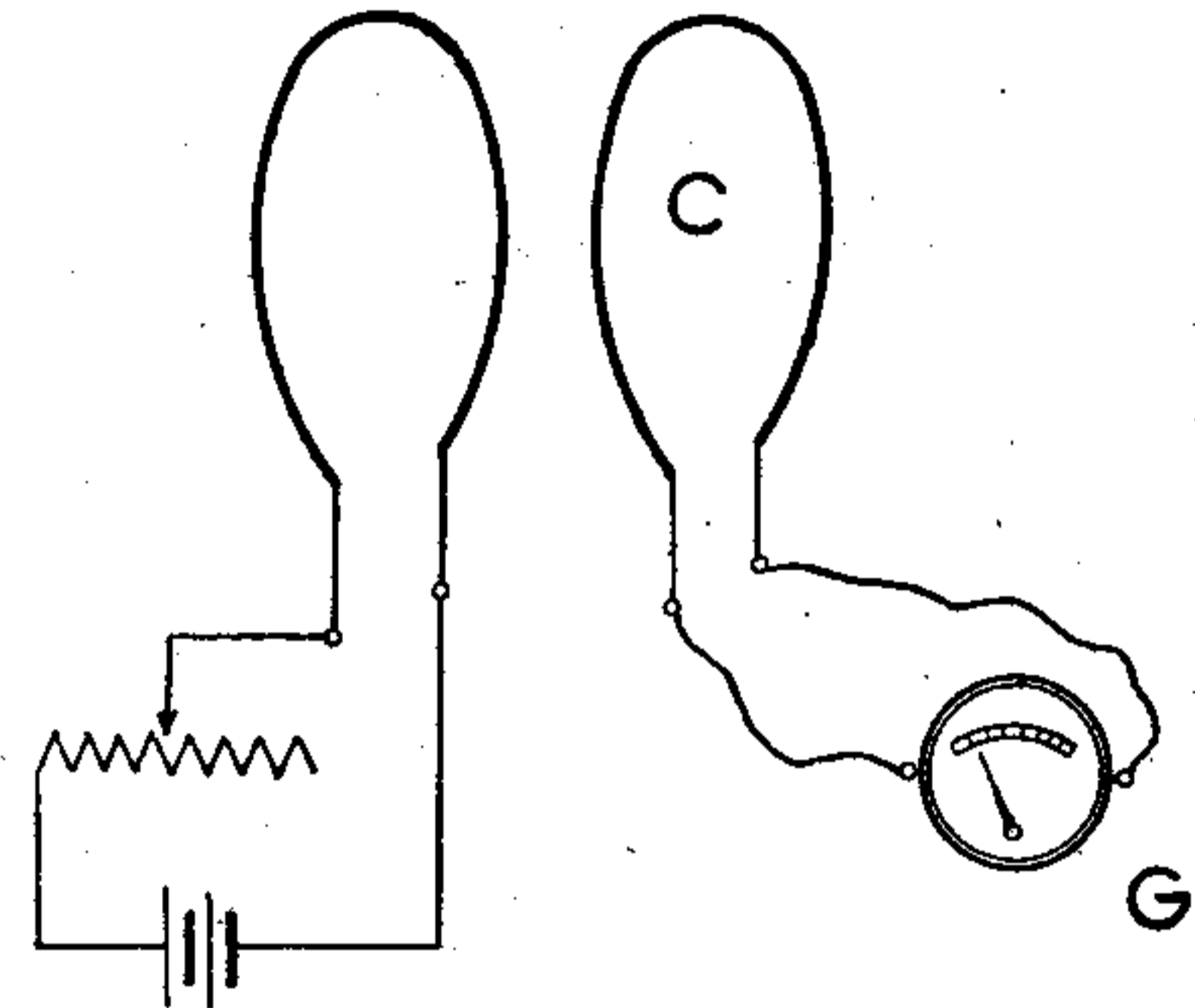



Fig. 2.

gnetico, prodotto dal solenoide stesso. Ciò potremo farlo, inserendo un' opportuna resistenza variabile nel circuito del solenoide (fig. 2).

Il circuito del solenoide, cioè quello in cui si hanno le variazioni di intensità allo scopo

di avere variazioni del campo magnetico, che desterà poi le correnti indotte in quello della spira C, dicesi *circuito primario* e quello della spira C in cui si manifestano le correnti indotte, dicesi *circuito secondario*.

Le due spirali, diconsi rispettivamente *spirali primaria e secondaria*.

Correnti alternate.

Supponiamo di spostare alternativamente e ad uguali distanze, rispetto ad un punto fisso, il magnete M, oppure di far variare l'intensità della corrente circolante nel circuito primario in modo eguale in più ed in meno rispetto ad una determinata intensità. Nel circuito secondario, si manifesteranno allora delle correnti indotte, che avranno un determinato senso nel periodo di tempo in cui avverrà una variazione e viceversa. L'intensità della corrente indotta passerà per valori eguali e contrari, e ciò alternativamente: è per questo che la corrente dicesi *alternata*.

La rappresentazione su due assi cartesiani, è quella della fig. 3 ed è detta *sinusoide*.

Periodo è la durata di una oscillazione doppia ($O\ A$).

Frequenza è il numero di periodi in un minuto secondo.

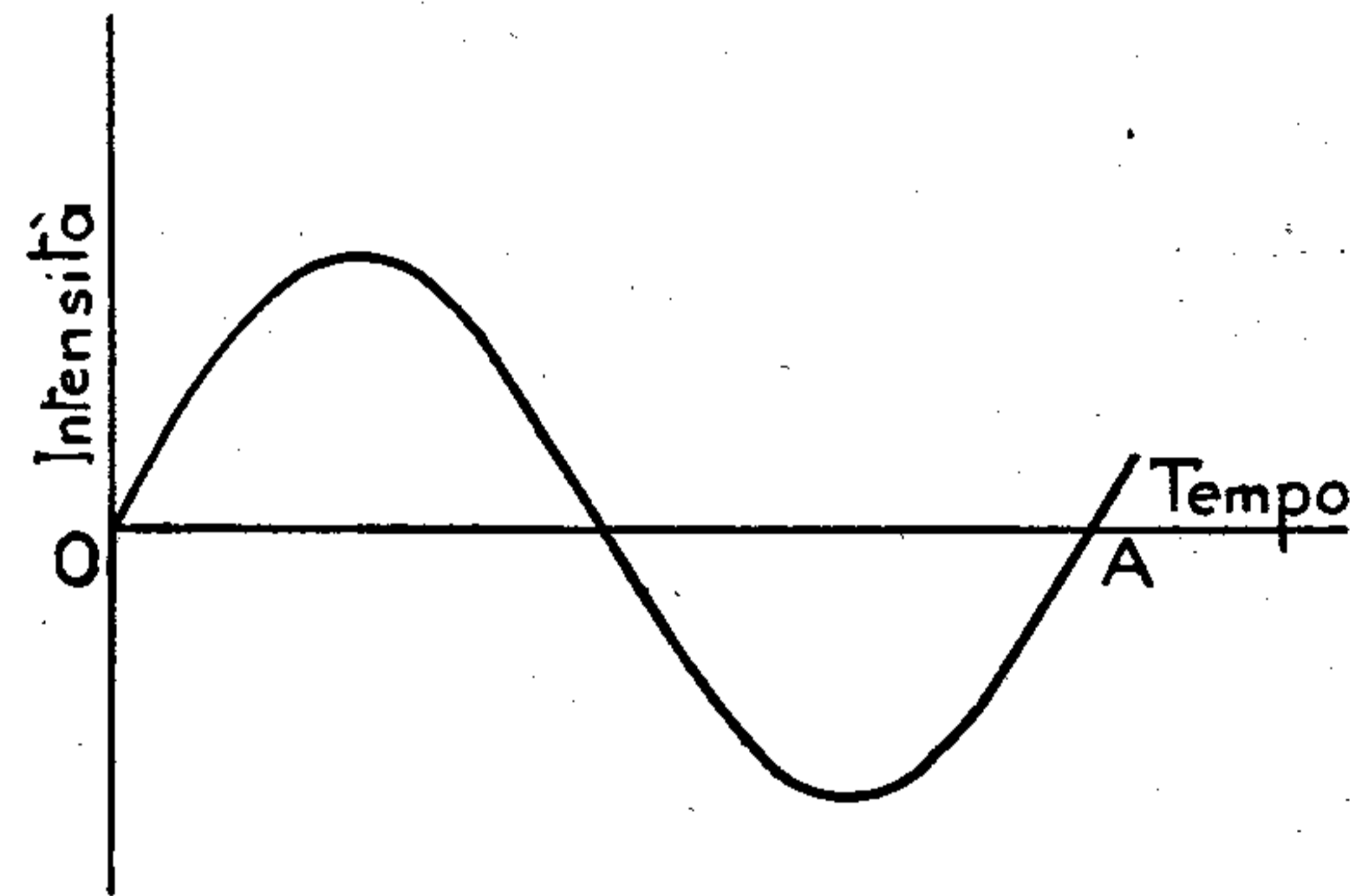



Fig. 3.

Da quello che è stato detto, è facile comprendere come si possa sostituire al circuito primario della fig. 2 un circuito percorso da corrente alternata, ed avere pure nel circuito secondario una corrente alternata della medesima frequenza.

Il principio di ottenere in un circuito una corrente alternata col variare della distanza di un solenoide alimentato con corrente continua o di un magnete, da un circuito fisso, ha dato luogo alle macchine generatrici, dette *alternatori*. Praticamente essi sono costituiti da numerosi solenoidi rotanti, e da circuiti a solenoidi fissi. Generalmente, questi circuiti soho posti in serie, per modo che le *f. e. m.* indotte, si sommano.

La frequenza delle correnti indotte dipende dal numero dei poli (solenoidi) e dal numero dei giri dell'alternatore.

In radiotelegrafia sono usate le frequenze da 300-1000 periodi, e quelle superiori all'ordine acustico, che producono le oscillazioni radiotelegrafiche ad una frequenza variante da 10000 a 1.000.000 periodi al secondo (vedi fig. 4).

Solo da pochi anni si sono potute ottenere tali frequenze, dopo aver superato non facili ostacoli, dovuti alle perdite nel materiale magnetico.

Il principio di ottenere in un circuito una

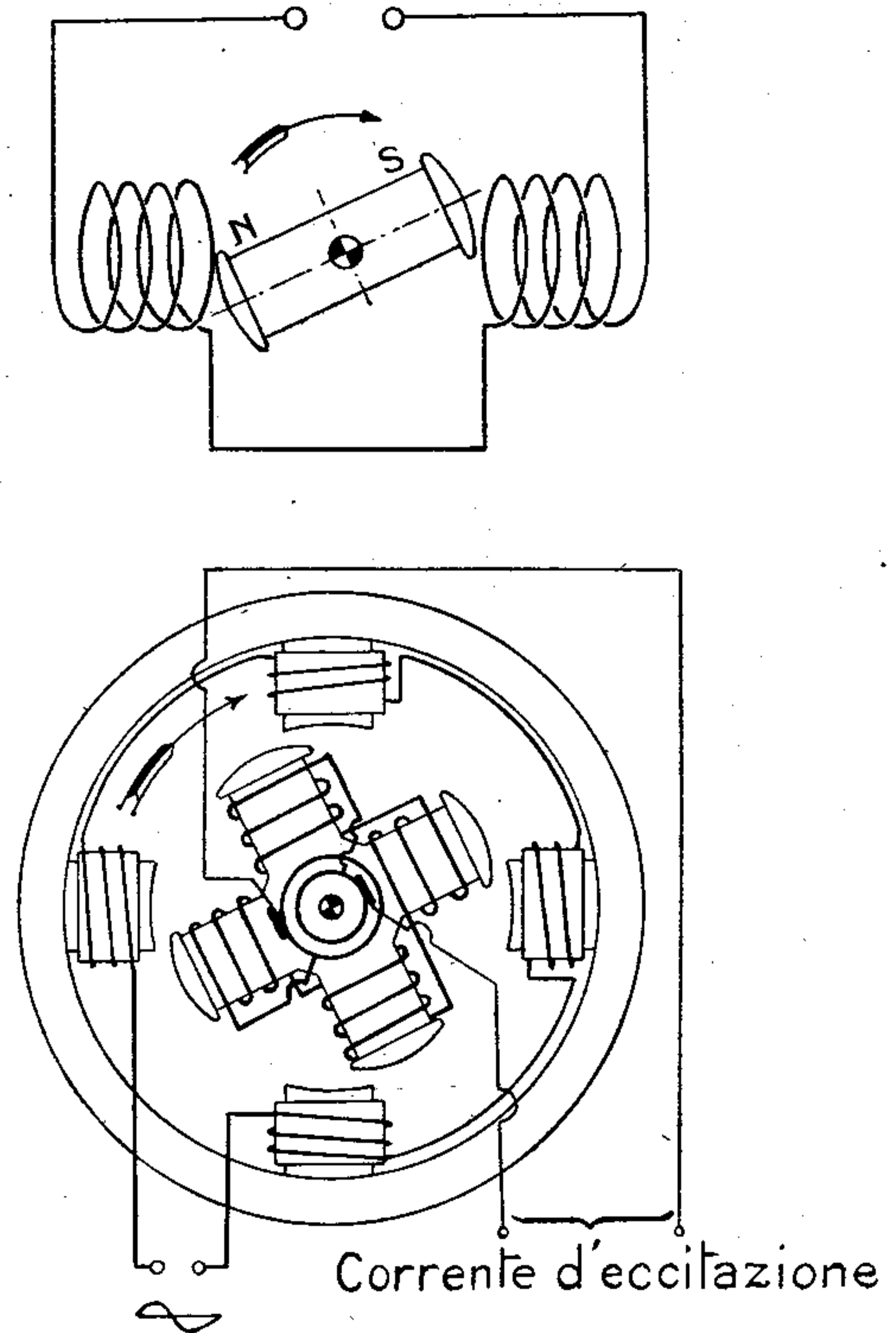



Fig. 4.

corrente alternata indotta da un altro circuito percorso da corrente alternata, ha dato luogo ai *trasformatori*. Tali apparecchi sono così chiamati per la loro proprietà di dare agli estremi del circuito secondario una tensione più grande o più piccola di quella applicata al circuito primario.

Naturalmente, l'energia ricavabile è minore, per le perdite sempre esistenti, di quella che si spende nel primario, e quindi l'intensità varierà in modo tale che il prodotto $V \times I$ sia minore, a W (Watt assorbiti dal circuito primario; V, tensione in volts; I, intensità in amp; e W, potenza in watt).

Dicesi *rapporto di trasformazione* quello esistente fra il numero di spire N del primario e quello N' del secondario. Si dimostra essere:

$$\frac{N}{N'} = \frac{V}{V'}$$

dove V tensione primaria e V' tensione secondaria.

AUTOINDUZIONE.

Un circuito percorso da corrente alternata non induce corrente soltanto in un altro circuito, ma anche su sè stesso.

Infatti ogni spira agisce anche sulla vicina posta nel medesimo circuito, e su sè stessa. Ne nascerà dunque una corrente che tenderà a contrastare la corrente circolante inizialmente.

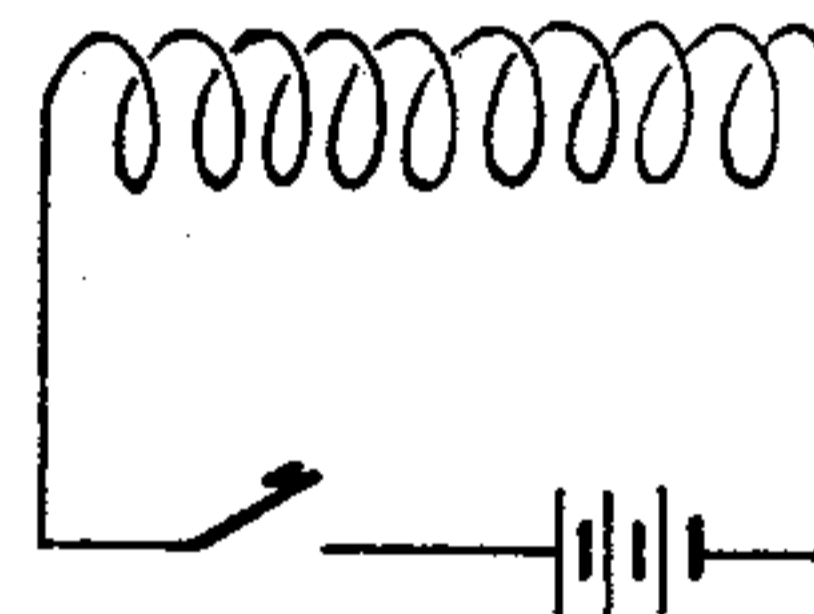



Fig. 5.

Se il circuito è percorso da corrente continua come in fig. 5 e per mezzo di un interruttore si apre o si chiude il circuito, la *autoinduzione* tenderà a contrastare sempre l'azione della corrente iniziale.

Cosicchè una corrente non raggiungerà mai immediatamente il valore che le compete,

e così pure non cesserà mai istantaneamente. Si ha qui un fenomeno analogo a quello che si ha per i corpi o masse, cioè l'*inerzia*. Se poi il solenoide è percorso da corrente alternata, questa incontrerà nell'attraversare il solenoide, una resistenza maggiore che non quella puramente ohmica. Tale resistenza, detta *reattanza* è dovuta appunto all'autoinduzione.

Condensatore.

Siano A e B due placche metalliche parallele (fig. 6) separate e collegate ciascuna con un polo di una pila. Intercaliamo nel circuito un galvanometro (non rappresentato in figura) ed un interruttore I. Fra i due fili colleghiamo un altro interruttore I'. Chiudiamo il circuito mediante I; vedremo che il galvanometro segnerà il passaggio di una corrente. Apriamo il circuito, e chiudiamo invece l'interruttore I'; noteremo una nuova deviazione del galvanometro ed in senso contrario alla precedente. Questo ci fa comprendere come la pila avesse prima «caricato» il *condensatore*, cioè l'insieme delle due lastre, e la chiusura del circuito attraverso I' l'avesse poi scaricato.

Noi possiamo constatare che le deviazioni del galvanometro sono tanto più ampie quanto

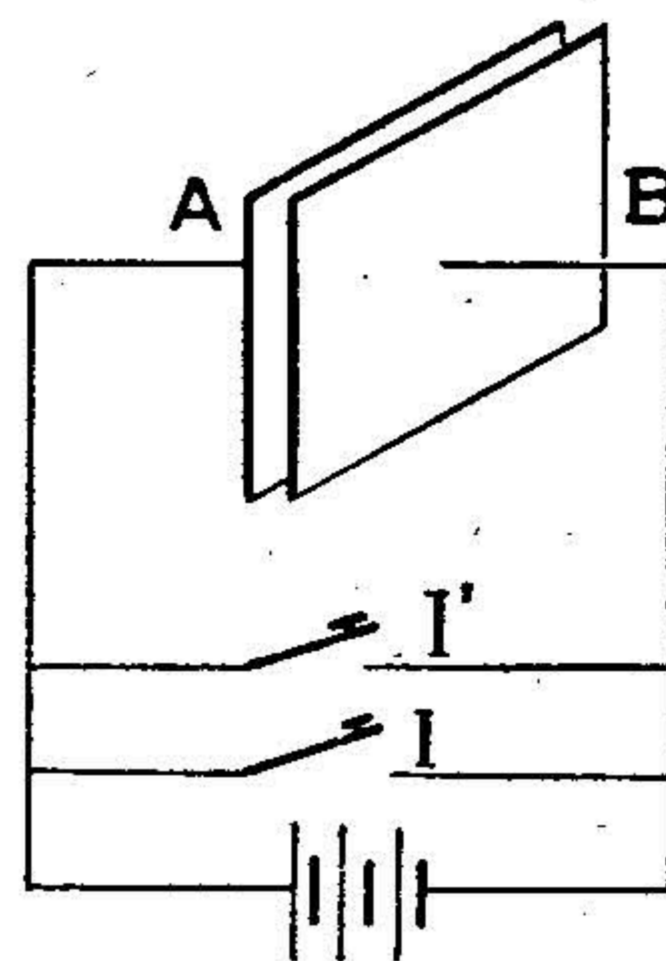



Fig. 6.

maggiori sono le dimensioni delle lastre o armature, e tanto minore è la distanza delle lastre l'una dall'altra; ne dedurremo che la *capacità* è aumentata. La capacità stessa poi dipende dal mezzo isolante interposto fra le due lastre, detto *dielettrico*.

Di solito tale mezzo, è l'aria, il vetro, la carta paraffinata, la mica, l'ebanite o l'olio.

Per aumentare la capacità, si possono collegare fra di loro molte lastre, fra le quali si pone un'altra serie di lastre pure collegate

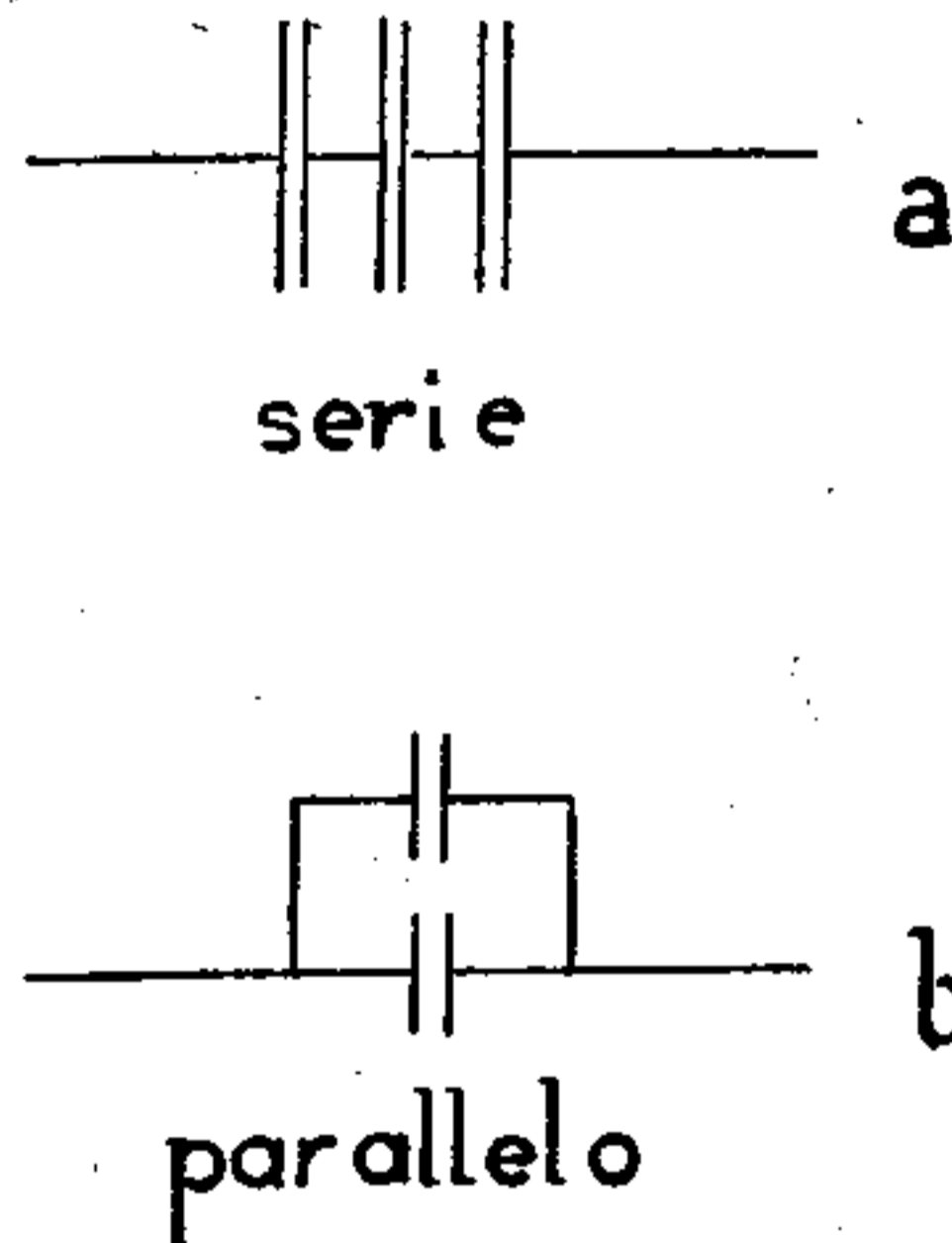



Fig. 7.

fra loro e separate sempre dalle prime da un dielettrico.

Questo vale a porre dei condensatori in parallelo (fig. 7 *b*). Si possono però anche montare in serie (fig. 7 *a*), ed allora la capacità diminuisce.

Scarica oscillante.

Sieno nel circuito rappresentato in fig. 8: *C* un condensatore; *L* una induttanza o self (formata da un solenoide); *R* una resistenza; *I* un interruttore.

Supponiamo il condensatore carico e chiudiamo quindi l'interruttore *I*. Allora il con-

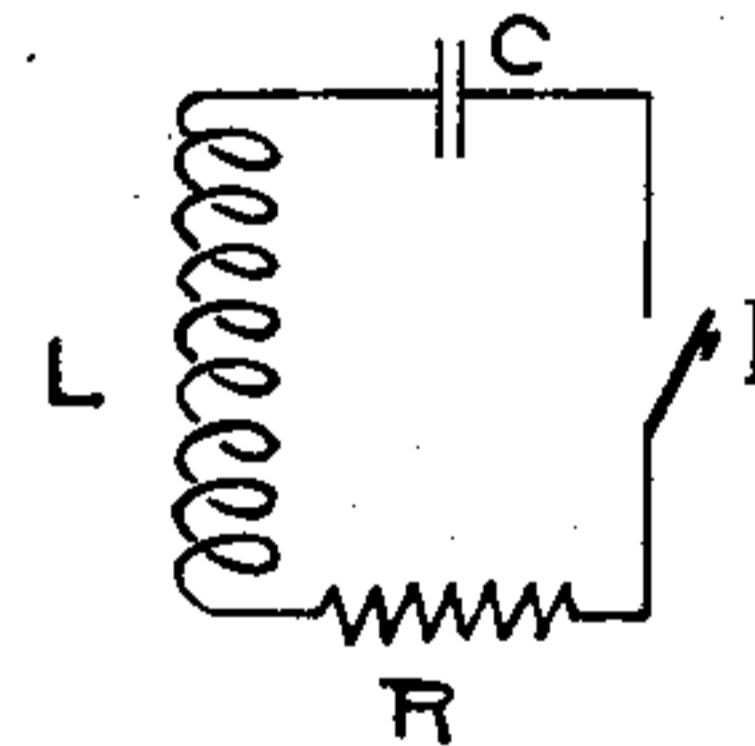



Fig. 8.

densatore si scaricherà nel circuito anzidetto; però per l'effetto della autoinduzione, la corrente non cesserà immediatamente, cosicchè il condensatore si ricaricherà, ma in senso inverso al precedente.

Il condensatore si riscaricherà ancora cogli stessi fenomeni predetti, e ciò si rinnoverebbe

all'infinito se non vi fossero perdite di energia. Si comprende quindi come in questo caso le oscillazioni sieno smorzate e tanto maggiormente quanto più grandi sono le perdite.

Un fenomeno analogo lo si riscontra in un pendolo, paragonando la corrente che si ha alla scarica del condensatore, alle ampiezze delle oscillazioni del pendolo stesso (e per questo, è detta *scarica oscillante*) e la resistenza elettrica che provoca lo smorzamento, alla resistenza del mezzo in cui il pendolo oscilla.

Esiste però un determinato valore per questa resistenza, oltre il quale la scarica del condensatore non è più oscillante. Accade ugualmente nel fenomeno analogo del pendolo, poichè se noi immergiamo questo in un mezzo troppo resistente (olio denso), vedremo che il pendolo prende la posizione verticale, senza oscillare, e lentamente.

Nel primo caso la scarica dicesi *oscillante*, e nel secondo caso è detta *aperiodica*. Li potremo rappresentare mediante due diagrammi (fig. 9).

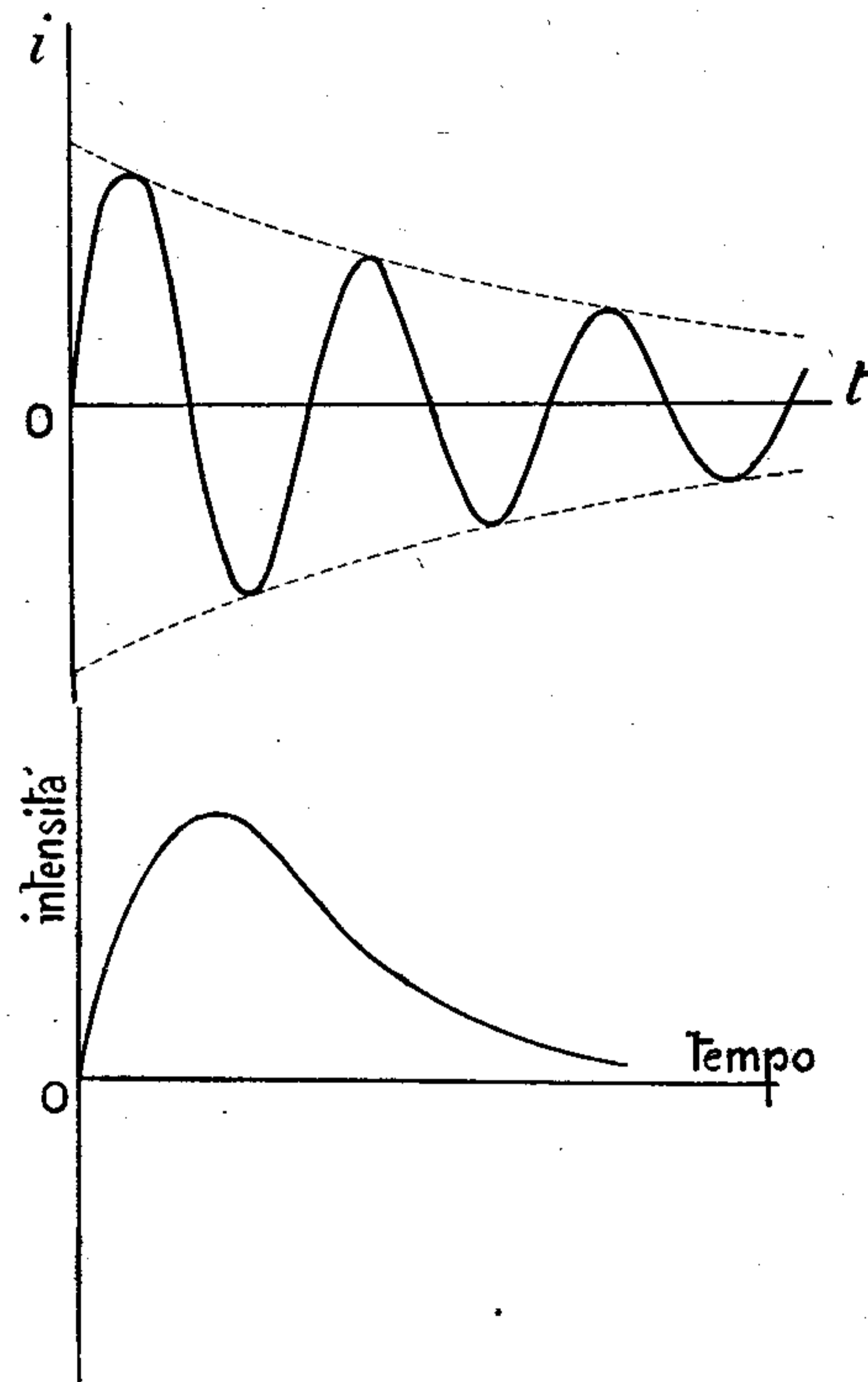



Fig. 9.

La fig. 10 ci rappresenta lo stesso circuito della fig. 8, in cui al posto dell'interruttore I, vi è uno *spinterometro*. Questo apparecchio è formato semplicemente da due sfere isolate fra di loro e ad una distanza di qualche millimetro. Si comprende come, allorchè la tensione di carica del condensatore è elevata,

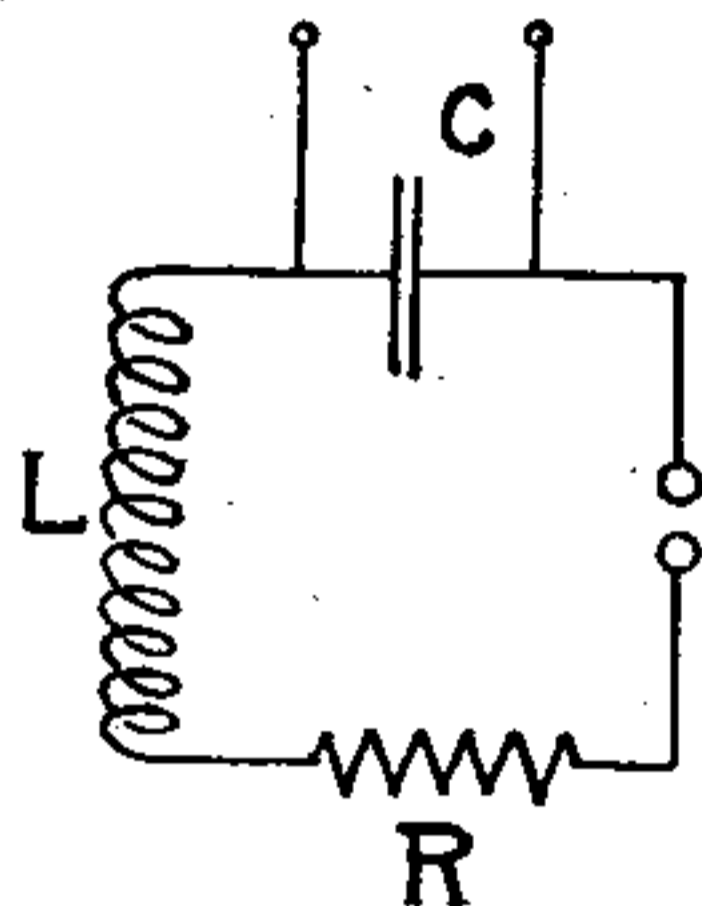



Fig. 10.

questo, a carica finita, e cioè quando le sue armatùre sono ad un potenziale elevato, si scarichi attraverso allo spinterometro, e nel circuito $L\,R$, come precedentemente, superando lo spazio interposto fra le sfere dello spinterometro, con una scintilla che dura fino a che l'energia che aveva il condensatore alla carica, non si è dissipata.

Il tempo impiegato è però praticamente brevissimo, e le oscillazioni che si producono in tale tempo formano un *treno* di oscillazioni.

Periodo.

Nelle scariche oscillanti abbiamo visto come dopo un determinato tempo la corrente riprende il senso primitivo, e ciò periodicamente. Questo tempo T è appunto detto: *periodo*, e dipende dai valori della capacità e dall'induttanza. Si è trovato teoricamente, che:

$$T = 2\pi\sqrt{L\,C}$$

in secondi, esprimendo L in henry, che è l'unità di misura della autoinduzione, e C in farads che è l'unità di misura delle capacità. Detta formula ci mostra che un circuito oscillante ha un periodo proprio, che è determinato da C ed L; aumentando C od L, aumenta pure il periodo.

Oscillazioni smorzate e persistenti.

Abbiamo visto come le oscillazioni siano smorzate per l'effetto dovuto alle perdite. Lo smorzamento si misura mediante il rapporto fra le ampiezze di due oscillazioni di medesimo senso. Se però noi facciamo in modo che le perdite siano compensate col portare, in un modo qualunque, nel circuito dell'energia in quantità uguale a quella perduta, noi avremo delle oscillazioni di ampiezza costante, o meglio, delle oscillazioni persistenti. Analogamente ciò accade come nel caso del pendolo, allorchè con una mano lo manteniamo in oscillazione.

Circuiti oscillanti aperti e propagazione di una perturbazione lungo un filo.

Il circuito studiato fino ad ora, e rappresentato in fig. 10 dicesi *chiuso*. Un tale circuito non ha però la proprietà di irradiare l'energia; proprietà che ha invece il *circuito*

oscillante aperto. Questo non è altro che il medesimo circuito precedente, dove al posto della capacità si son sostituiti due fili di una certa lunghezza, sempre isolati fra di loro e tenuti ad una determinata distanza (fig. 11 *a*). La capacità è qui formata dai due fili che ne formano le armature, e dal mezzo inter-

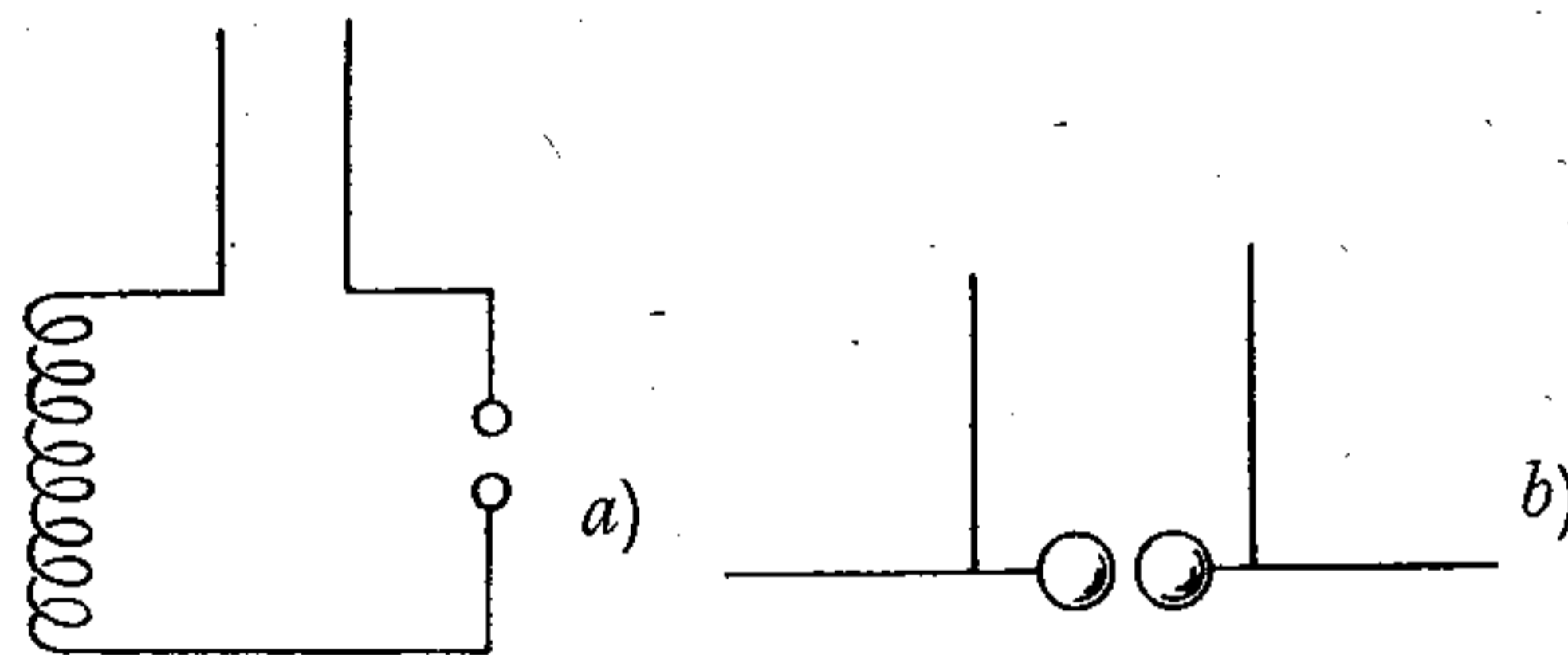



Fig. 11.

posto che forma il dielettrico. Possiamo pure togliere l'induttanza *L*, perchè i fili stessi hanno una induttanza propria; cosicchè ci ridurremo allo schema della fig. 11 *b*.

Essendo però i fili di una certa lunghezza si comprende come la tensione e la corrente, per effetto della capacità e della induttanza, non siano eguali nello stesso tempo, in tutte le parti del filo. L'oscillazione così si pro-

paga lungo il filo in modo analogo a quello che si riscontra nella propagazione di una deformazione in una corda elastica. Infatti, se ad un estremo di una corda, piuttosto lunga, è impresso un movimento, per esempio da A in B (fig. 12), questo non si manifesta istantaneamente in tutta la corda, ma si propaga con velocità costante e con eguale forma,

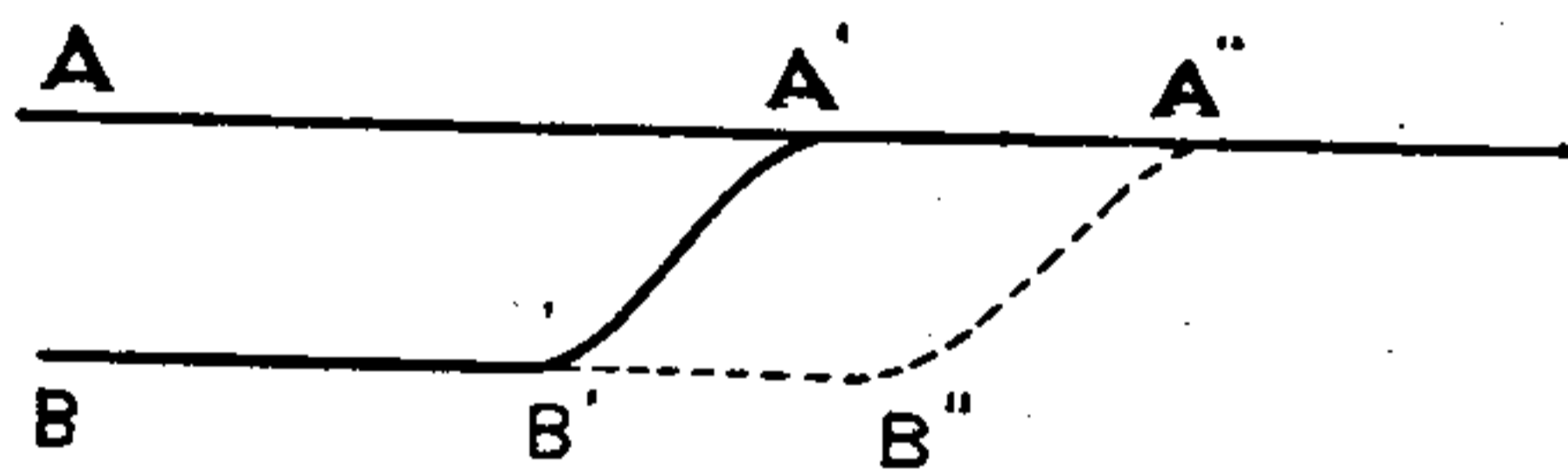



Fig. 12.

lungo la corda stessa. Dopo un certo tempo si troverà in $A' B'$ e dopo un istante successivo in $A'' B''$ e così via.

Se noi diamo al punto A un movimento oscillatorio periodico, vedremo che tutti i punti della corda prendono successivamente questo movimento, per cui in un istante la corda assumerà la forma sinuosa (fig. 13), $A\ B\ C\ D\ E\ F$ e negli istanti successivi la forma $A'\ B'\ C'\ D'\ D'\ E'\ F'$, ecc.

Paragonando queste sinuosità ad una onda, la distanza $B\ F$ fra due ampiezze massime dello stesso segno, dicesi: *lunghezza d'onda.*

Fissiamo ora un estremo della corda in P, (fig. 14) e come precedentemente imprimiamo

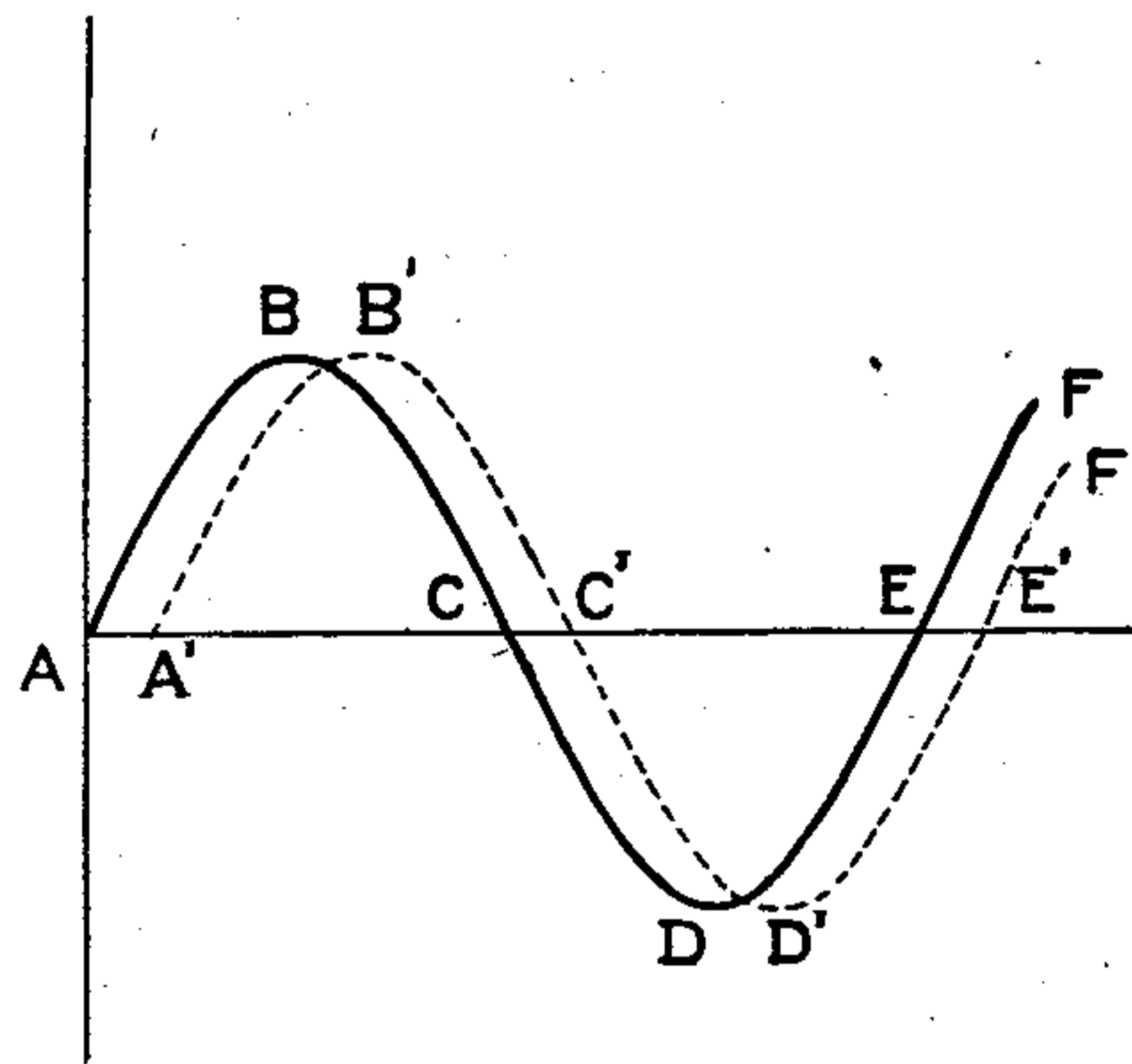



Fig. 13.

una sola deformazione all'estremo libero, questa si propaga sino in P e qui giunta si riflette, cioè ritorna, ma in senso opposto. Così accadrà se all'estremo libero faremo compiere delle oscillazioni periodiche; le onde riflesse

allora si sovrapporranno a quelle che si formano. Potremo così osservare che dei punti come *C* ed *E* restano fermi (le oscillazioni in questo punto essendo eguali e di segno contrario) e li chiameremo *nodi*; mentre altri punti, come *B D*, ecc. (le oscillazioni si sommano) oscilleranno rispetto all'asse *A P* —, e li chiameremo *ventri*.

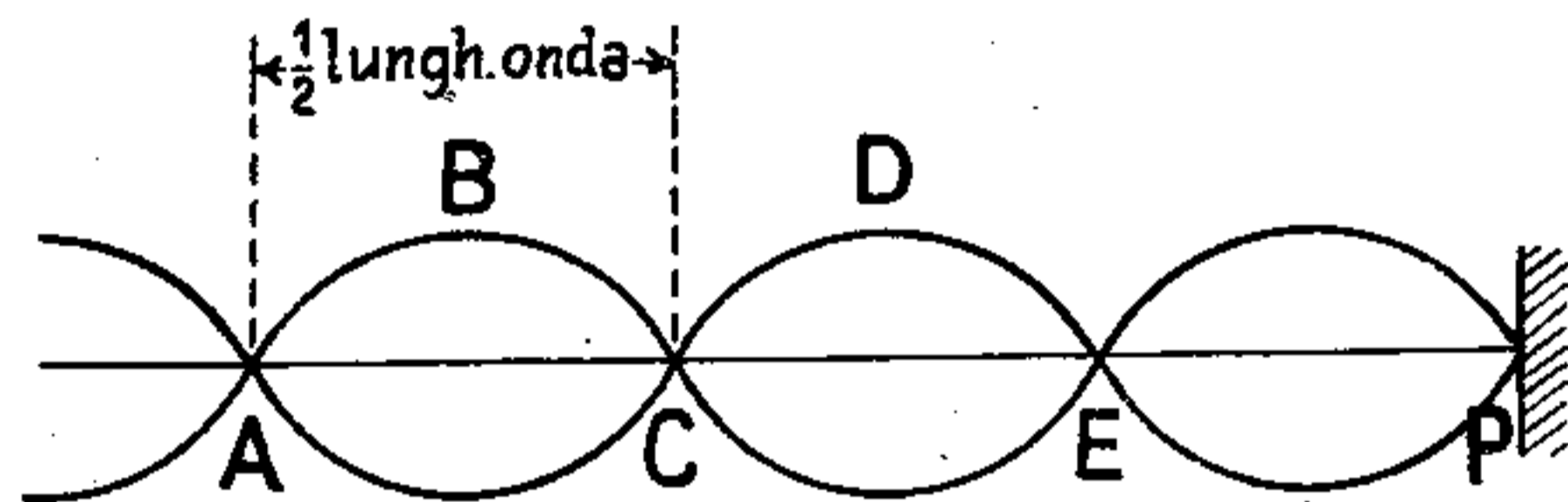



Fig. 14.

La corda è allora sede di onde stazionarie, e potrà prendere le varie forme della fig. 15. Lungo una corda che vibra, la tensione non può rimanere costante, poichè la corda cambia di lunghezza e si tende. Ai nodi, la corda è soggetta a variazione di tensione e di direzione; ai ventri, invece queste rimangono costanti. Si vede quindi come i ventri di vibrazione per l'ampiezza, sono dei nodi di

tensione, e inversamente. Questi fenomeni si producono analogamente se noi variamo bruscamente il potenziale elettrico di un filo

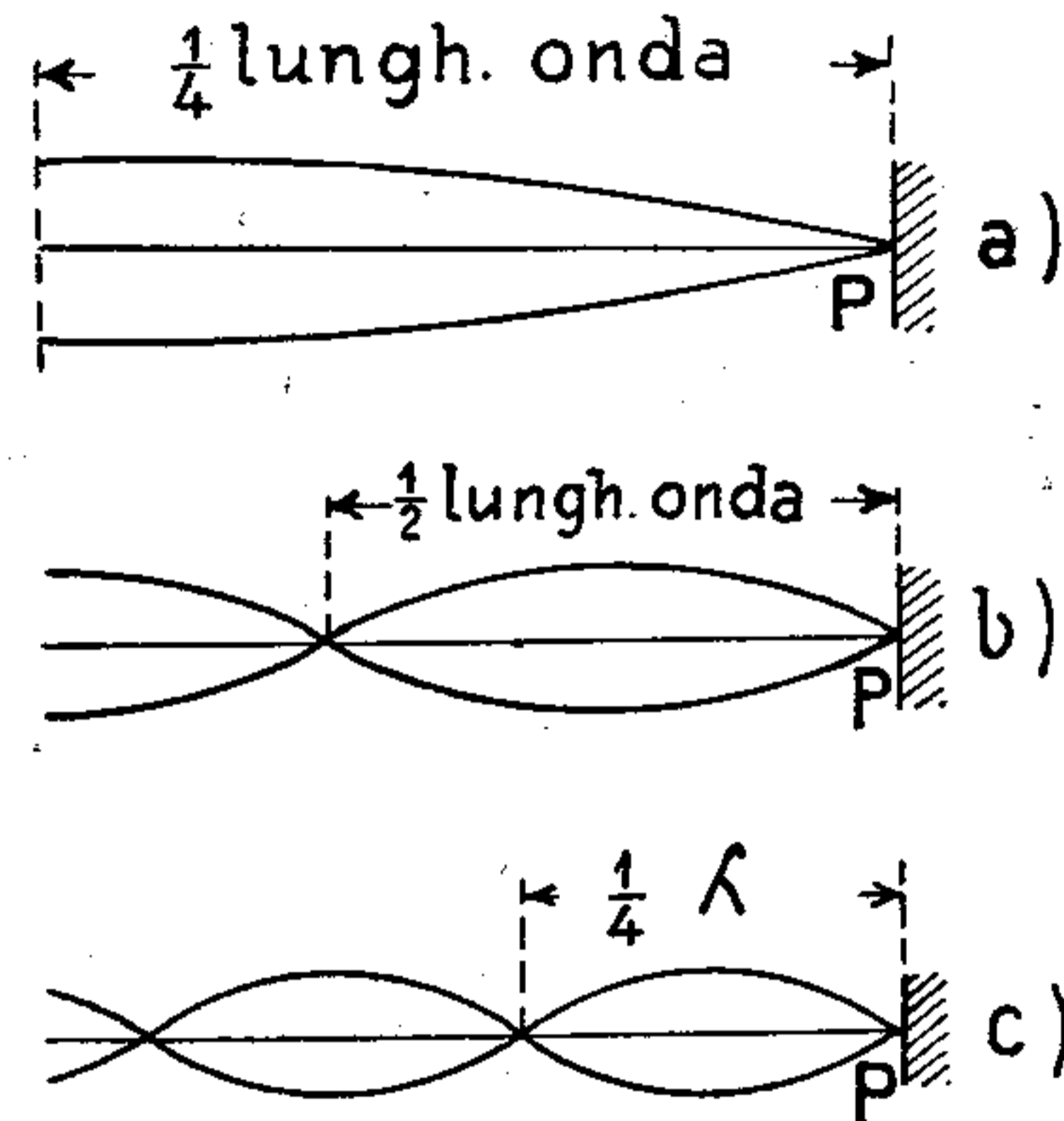



Fig. 15.

conduttore molto lungo; e si hanno anche qui dei nodi e dei ventri di corrente a cui corrispondono rispettivamente dei ventri e dei nodi di tensione.

Antenna.

Un filo conduttore che sia isolato nello spazio e capace di vibrare elettricamente nel modo anzidetto, dicesi: *antenna.*

Generalmente questo filo è in comunicazione, attraverso agli apparecchi che lo fanno vibrare, con la terra. Si ha così un sistema: *antenna-terra.*

La terra può essere sostituita da un cosidetto contrappeso, il quale non è che un altro conduttore posto in prossimità della terra, ma isolato da questa, e quasi sempre parallelo all'antenna. È normalmente costituito da parecchi fili o da reti metalliche.

Si vede quindi come il sistema *antenna-terra* o quello *antenna-contrappeso*, non sia altro che un grande condensatore, le cui armature sono appunto i fili costituenti l'antenna e la terra; oppure le reti od i fili costituenti il contrappeso. Però, siccome quest'ultimo forma un altro condensatore di notevole capacità con la terra, si comprende come

questo lasci passare le correnti di alta frequenza, per modo che ci si riduce ad un sistema *antenna-terra* di poco modificato.

Lunghezza d'onda di una antenna e modo di modificarla.

Collegando l'antenna con un apparecchio capace di farla oscillare (fig. 16) composto di un trasformatore elevatore e di uno spin-

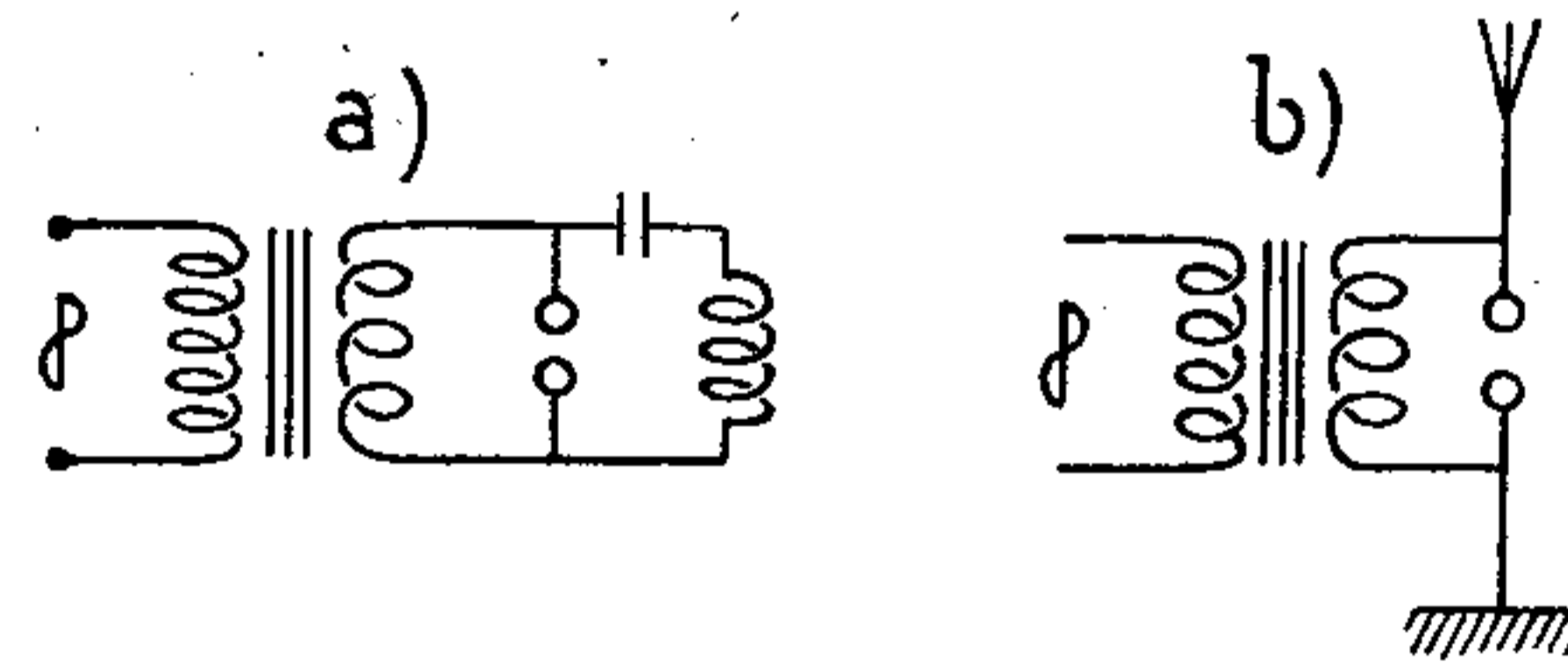



Fig. 16.

terometro, in comunicazione pure colla terra, non abbiamo altro che sostituito al circuito della fig. 10 quello della fig. 11, dove il condensatore ora è formato dal sistema antenna-terra come si è detto precedentemente, e

l'autoinduzione è quella propria dei fili dell'antenna stessa.

Ora, questo collegamento è analogo a quello formato da una corda fissata ad un estremo. Infatti qui il potenziale del punto messo a terra è invariabile, data la grande capacità

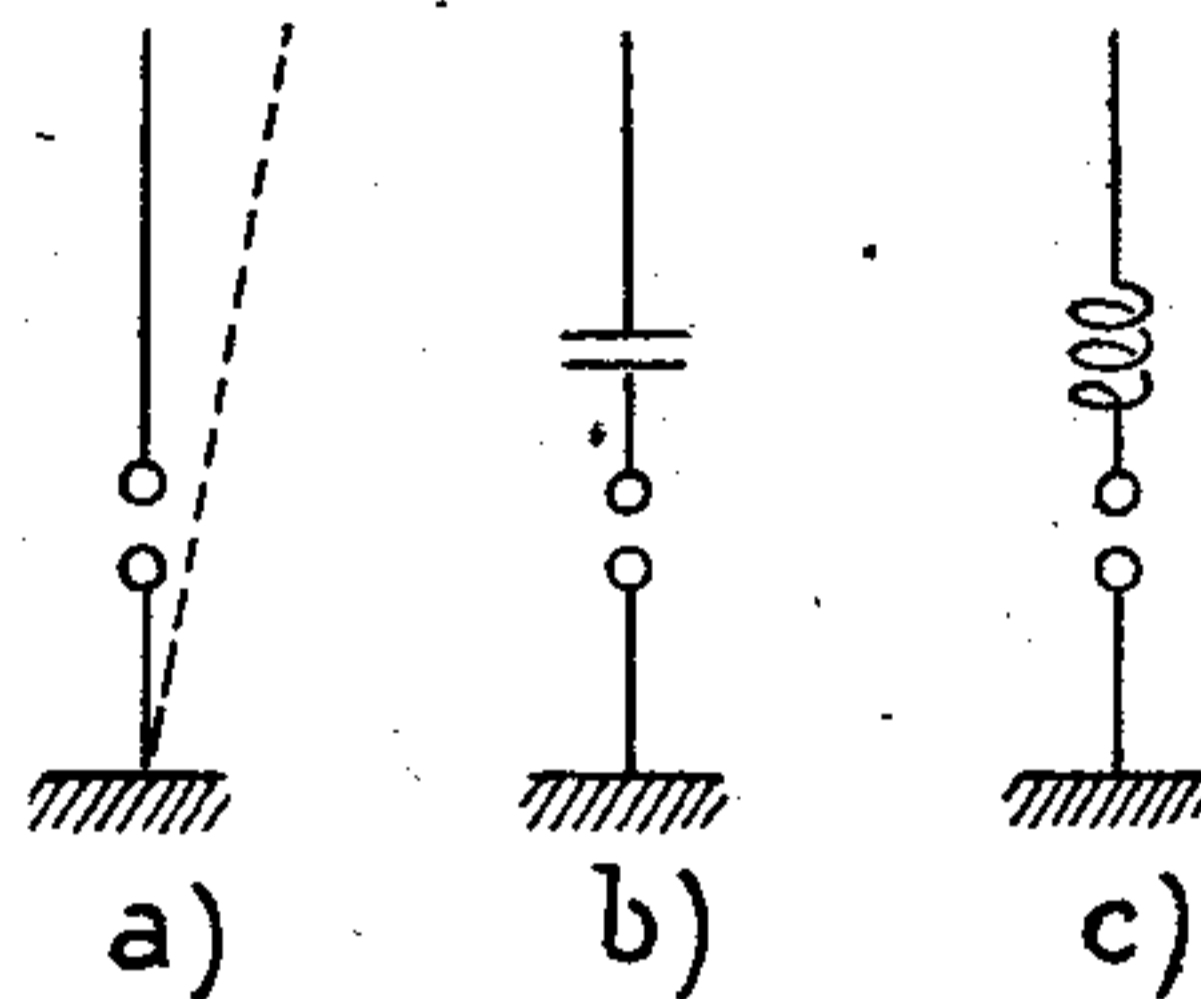



Fig. 17.

di questa; di conseguenza quindi questo punto sarà un nodo di tensione e ventre di corrente, mentre l'estremo libero sarà un ventre di tensione ed un nodo di corrente. La lunghezza d'onda di un tale sistema è quindi eguale a quattro volte la lunghezza del filo (fig. 17 *a*).

Intercalando alla base d'una antenna un

condensatore, verremo ad inserirlo in serie colla capacità del sistema antenna-terra: ciò ha per effetto, come sappiamo, di diminuire la capacità totale, e quindi di diminuire la lunghezza d'onda; viceversa, intercalando una autoinduzione, aumenteremo la lunghezza di onda (fig. 17 *b* e *c*).

Ciò lo si vede assai meglio dalla formula:

$$T = 2\pi \sqrt{LC}$$

poichè diminuendo C diminuisce T, ed aumentando L aumenta T. La velocità di propagazione delle onde è di 300000 km. al secondo, cioè lung. onda $= \lambda = \frac{300000}{f}$ in km.

dove $f = \frac{1}{T}$ è la frequenza; ne risulta quindi λ proporzionale a T.

Propagazione di una perturbazione nello spazio.

Supponiamo di poter caricare e scaricare elettricamente e rapidamente un filo con-

duttore isolato nello spazio, prima positivamente, poi negativamente, e così via. Avremo quindi in principio una corrente per caricare il filo; questa crescerà rapidamente, poi comincierà a diminuire, a misura che aumenta la carica, e cesserà a carica finita. Ora, una corrente produce un campo megnetico che ha le linee di forza (linee, secondo cui si manifestano le forze del campo) in cerchi normali al conduttore: questo campo magnetico seguirà quindi le vicende della corrente che lo ha prodotto.

La carica del filo, invece aumenterà fino a carica ultimata, cioè fino a quando la corrente sarà cessata. Ma una carica elettrica produce un campo elettrico le cui linee di forza partono dai punti del conduttore e si irradiano dirigendosi verso punti di potenziale più basso. Conseguentemente il campo elettrico sarà gradatamente aumentato sino ad un max.

Se noi ora carichiamo negativamente il filo, avverrà una scarica positiva e cioè la carica del filo diminuirà fino a zero, e poi

comincierà la carica negativa. Così la corrente di scarica aumenterà gradatamente fino a raggiungere un max quando la carica sarà a zero, e quindi comincierà a diminuire fino ad annullarsi quando si avrà una carica max negativa.

Naturalmente il campo elettrico e magnetico avranno seguito le vicende rispettivamente della carica e della corrente.

Abbiamo visto come le oscillazioni elettriche di un filo diano luogo a due correnti: una di conduzione nei conduttori e l'altra di spostamento nel dielettrico. Queste sono capaci di effetti analoghi. Hertz ha fatto diverse esperienze che hanno permesso di dimostrare che queste perturbazioni od oscillazioni elettriche si propagano con velocità finita uguale a quella della luce, e si presentano sotto forma di onde; e cioè le linee di forza, man mano che si producono tendono ad espandersi, e ciò con la velocità della luce.

Si hanno cioè, uno spostamento magnetico dovuto a linee di forza che si propagano con cerchi aventi per asse quello dell'oscillatore,

ed uno spostamento elettrico dovuto alle linee di forza delle correnti di spostamento, che sono nei piani passanti per l'asse dell'oscillatore. Cosicchè, se noi cerchiamo di rappresentarci il modo di propagarsi di queste onde, vedremo un alternarsi di campi elet-

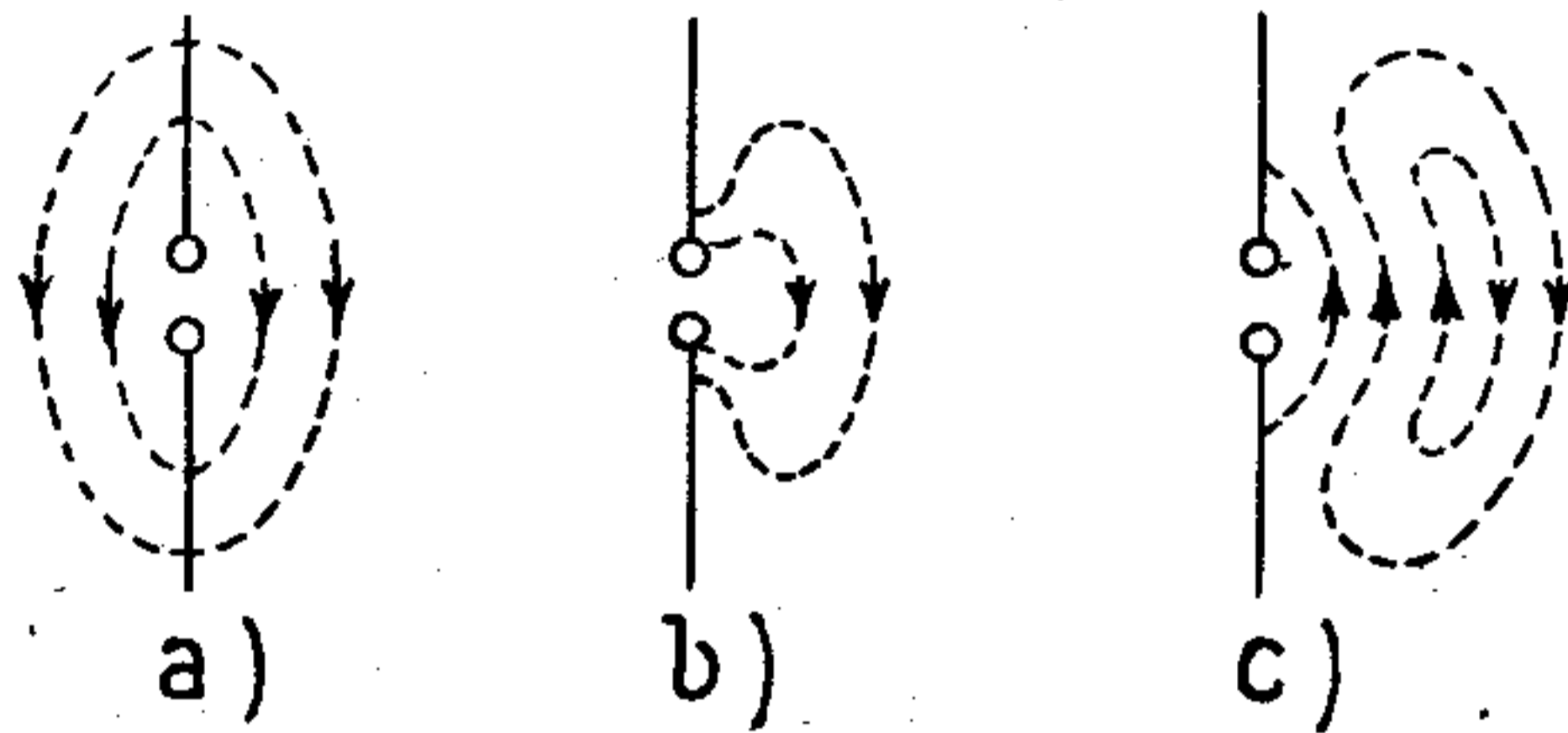



Fig. 18.

trici e magnetici che costituiscono il *campo elettro-magnetico.*

In fig. 18 è rappresentato un sistema oscillante con le linee di forza elettriche che tendono ad allontanarsi dallo spinterometro (*a*). Successivamente, (*b*) per quanto si è detto sul modo di variare del campo elettrico, si avvicineranno cosicchè tenderanno a rinchiudersi; poi si producono delle linee di forza contrarie alle prime, e le linee di forza primitive si staccheranno successivamente e si propagheranno allargandosi (*c*). Qui abbiamo considerato il solo campo elettrico; analogamente, ma in piani perpendicolari alle linee di forza elettriche, si propagheranno le linee di forza magnetica

---

CAPITOLO II.

TRASMISSIONE

ANTENNE.

Abbiamo visto cosa sia teoricamente una antenna. Praticamente, essa è di poco più complessa e invece di un solo filo isolato, se ne raggruppano due o più ed in modi diversi. Una forma molto comune è quella ad L invertito, come in fig. 19 *a* ed anche quella a T (*b*).

Si hanno poi altre forme, come quella a V, ad ombrello, a cono rovesciato, a ventaglio, a gabbia. Le forme *a* e *b* hanno proprietà direttive, e cioè il massimo di azione si ha nella direzione inversa alla parte orizzontale libera. Praticamente, rispetto all'irradiazione

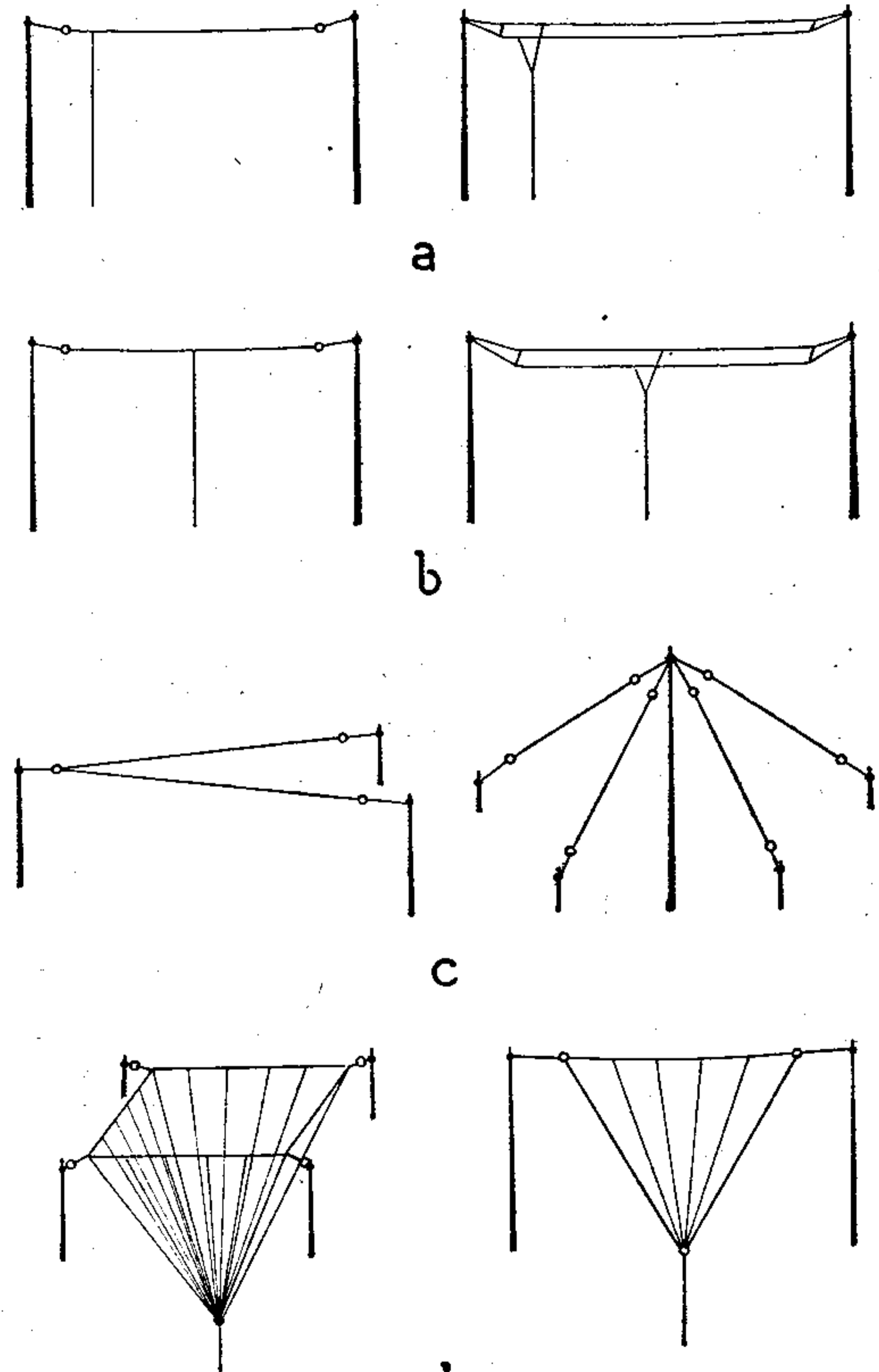



Fig. 19.

si hanno diversi rendimenti a seconda della forma; però non differiscono di molto. Si comprende come l'isolamento debba essere accurato, specialmente per la trasmissione, ed anche come l'entrata della coda d'aereo, che è la parte discendente dell'aereo stesso, nel locale della stazione, debba essere pure accuratamente isolato.

TERRA.

Per fare la presa di terra, generalmente, si adoperano piastre di zinco interrate ad un

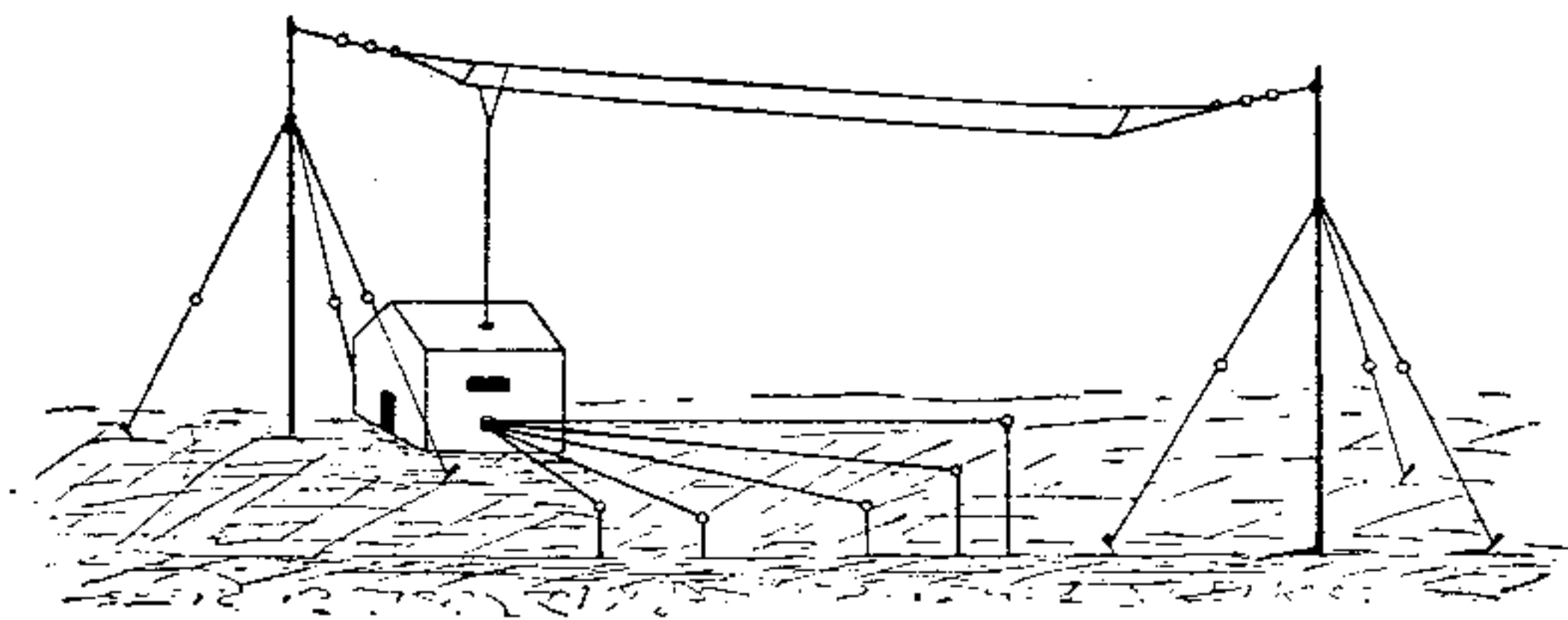



Fig. 20.

metro o più di profondità, in terra umida. Si adoperano anche reti metalliche a striscie,

interrate in direzione parallela a quella dei fili dell'antenna.

Allorchè la terra non è ottima (terreno roccioso poco conduttore), si preferisce il contrappeso, che, come abbiamo visto, è formato da un conduttore parallelo alla terra e poco distante da questa.

Praticamente si dispongono molti fili irradianti solitamente da un punto (fig. 20).

TRASMISSIONE CON OSCILLAZIONI SMORZATE.

Eccitazione diretta. — Sappiamo come un circuito oscillante dià luogo ad oscillazioni smorzate. Se noi, come abbiamo fatto precedentemente, sostituiamo al condensatore una antenna, questa genererà delle onde smorzate.

Però queste oscillazioni, abbiamo visto che si estinguono praticamente in un tempo brevissimo, cosicchè dovremmo disporre di una sorgente di energia capace di caricare immediatamente il condensatore, appena finita la scarica.

Ciò però non si ha in pratica, non potendosi avere una tale sorgente, cosicchè fra il termine di una scarica e la successiva carica si ha un intervallo di tempo relativamente grande. Le successive scariche, separate da questo tempo, diconsi treni d'onda (fig. 21).

Il mezzo più semplice di far vibrare una

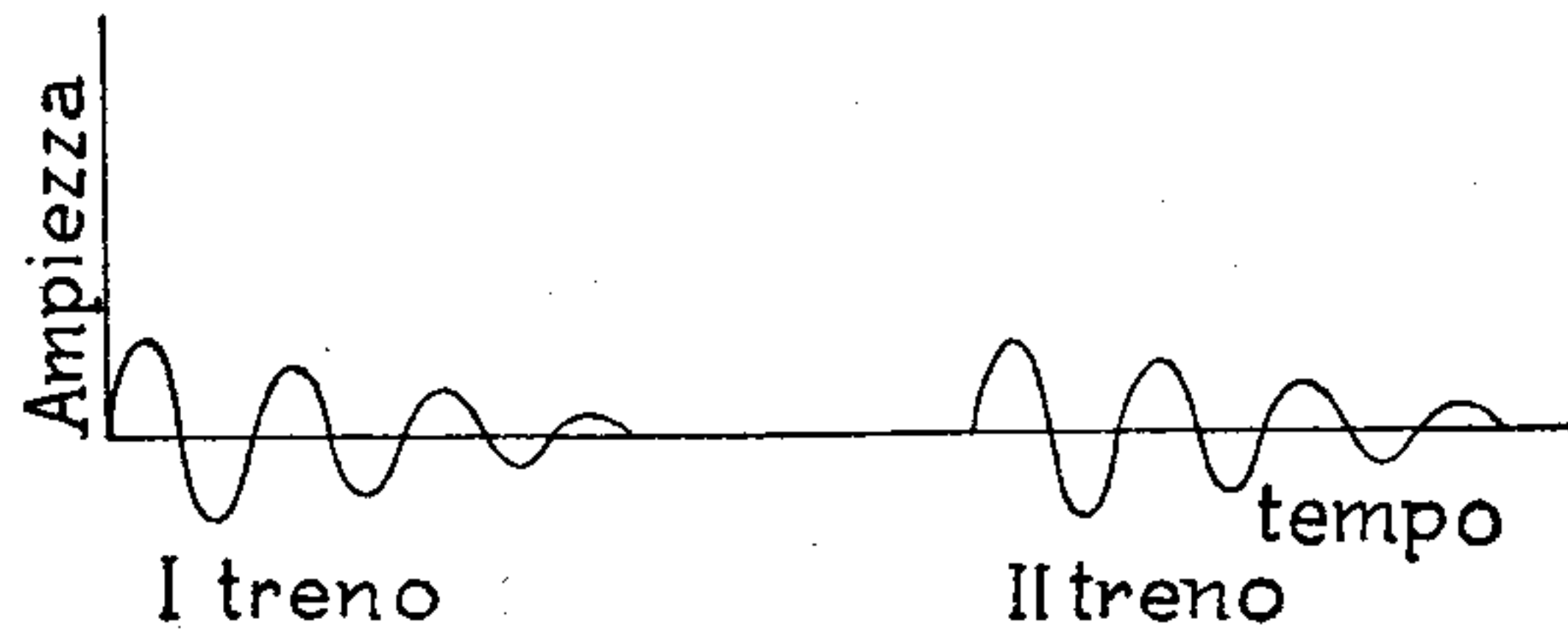



Fig. 21.

antenna è quello *ad eccitazione diretta*, che consiste nel collegare l'antenna stessa ad un polo di uno spinterometro, il cui altro polo è collegato alla terra, e collegato ad un trasformatore elevatore. Il modo di funzionare di un tale sistema, l'abbiamo già visto (fig. 16).

Questo metodo ha però molti inconvenienti. Infatti per aumentare l'energia irradiata,

avendosi una capacità determinata che è quella dell'aereo, bisogna aumentarne il potenziale, ciò che non si può fare oltre certi limiti. Di più, lo smorzamento delle oscillazioni, è grande ed è dovuto in gran parte alla resistenza della scintilla, specialmente se è lunga.

L'effetto dello smorzamento, lo vedremo fra breve.

Accoppiamento di due circuiti.

Consideriamo due circuiti oscillanti accoppiati magneticamente per mezzo di due induttanze. Se noi produciamo delle oscillazioni in un circuito, per induzione entrerà in oscillazione anche l'altro. I due circuiti si dicono *accoppiati*, e l'uno si dice *primario*, l'altro *secondario* (fig. 22 *a*).

Si può anche abolire una induttanza, ed avere l'accoppiamento magnetico per derivazione (fig. 22 *b*). Vi sono anche accoppiamenti elettrici (condensatori) e galvanici (resistenze), che però sono poco usati.

Nell'accoppiamento induttivo, intercaliamo nel circuito secondario uno strumento capace di misurare l'effetto della corrente. Constateremo che nel circuito secondario si avrà la massima corrente quando il periodo pro-

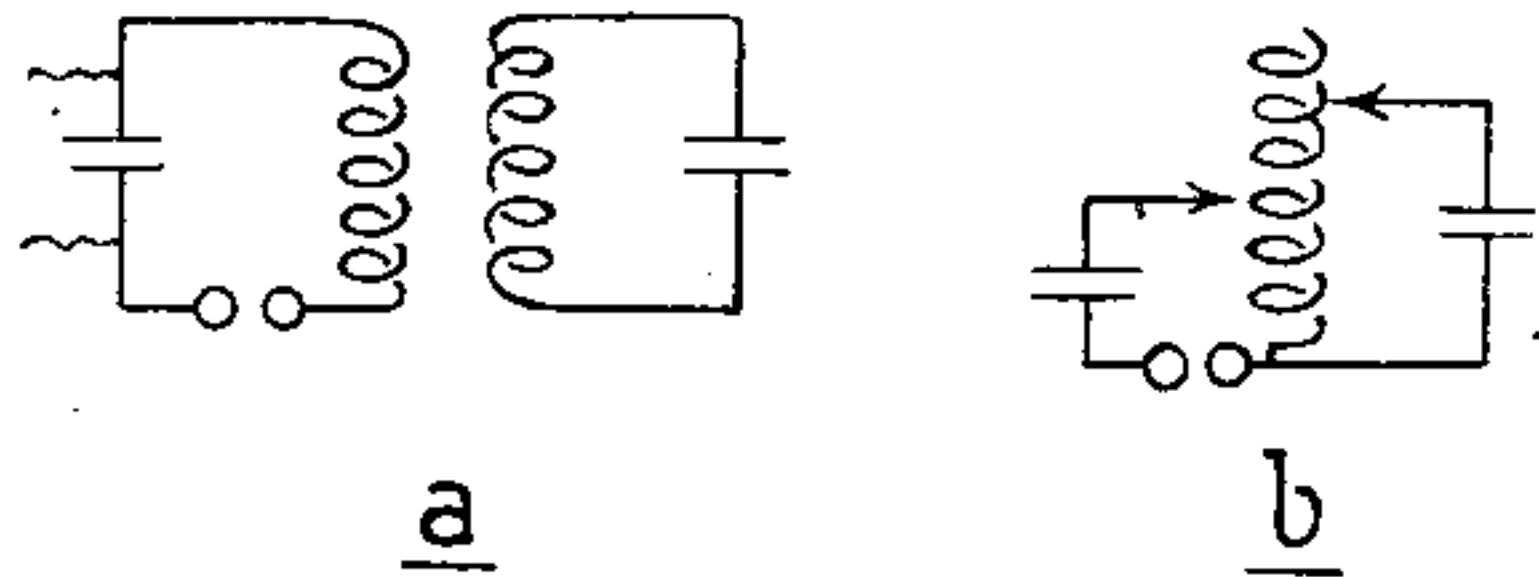



Fig. 22.

prio di questo circuito sarà uguale a quello del circuito primario, e cioè quando:

$$T = T_1$$

o meglio, quando:

$$L\,C = L_1\,C_1$$

Variando per mezzo di un condensatore variabile il valore della capacità C_1 vedremo che per valori di C_1 diversi, sia in più sia in meno dal valore precedente, non avremo più la stessa corrente, cosicchè per il valore suddetto si avrà un max di corrente.

Per tale valore di C_1 si ha la *risonanza.*

Ritornando all'analogia del pendolo: se a questo diamo un leggero impulso, esso oscilla. Quando torna nella posizione di equilibrio e ripassa nel senso in cui è stato dato l'impulso, diamogliene un altro, e così via: avremo aumentato l'ampiezza dell'oscillazione, anche con

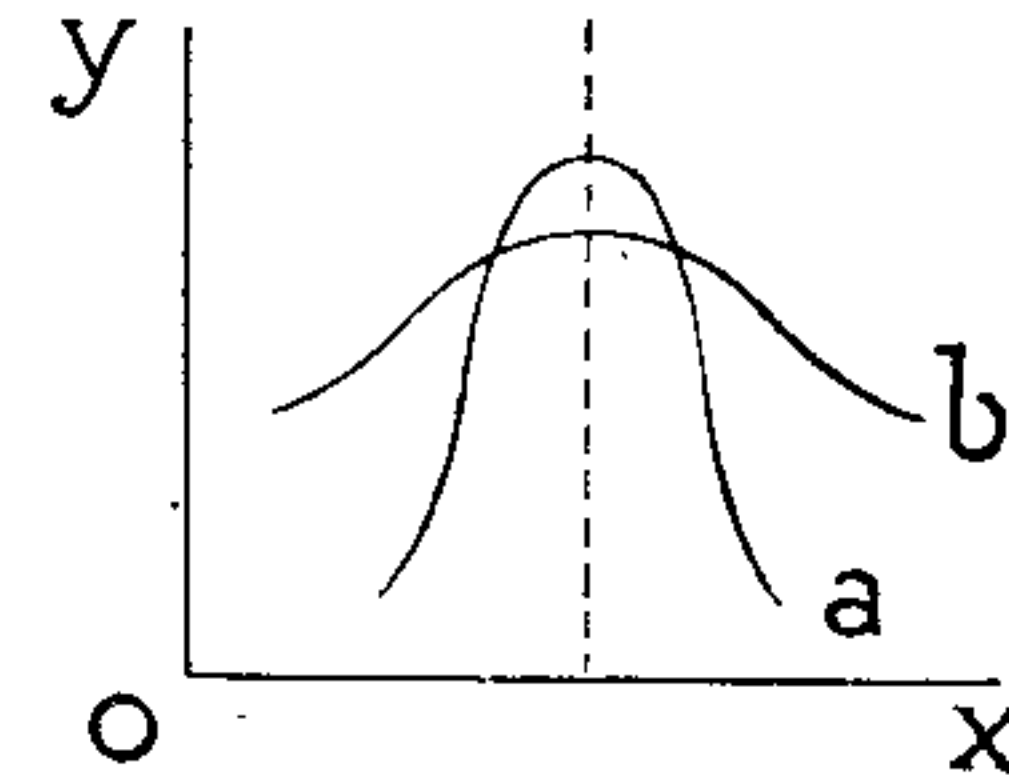



Fig. 23.

impulsi deboli. Se al contrario, la frequenza degli impulsi è di poco diversa da quella propria del pendolo stesso, vedremo che il pendolo non oscillerà più ordinatamente. Nel primo caso si aveva dunque la risonanza.

Ritornando ai circuiti accoppiati se variamo C_1 dal punto in cui si aveva la risonanza, in un intervallo relativamente piccolo, il max di

corrente non diminuisce di molto e ne diminuisce tanto meno quanto più è grande lo smorzamento del circuito secondario (fig. 23 *a* e *b*). Nel caso della fig. *a*, la risonanza dicesi: *acuta*.

ACCOPPIAMENTO STRETTO E LARGO.

Se i due circuiti hanno le induttanze molto vicine ed in modo che le linee di forza magnetica dell'uno entrino nell'altro (generalmente una è interna all'altra), l'accoppiamento dicesi *stretto*.

Supponendo ancora i due circuiti in risonanza, si constata con opportuni apparecchi, che nei due circuiti si hanno due oscillazioni di periodi differenti dal periodo proprio dei due circuiti. Queste due oscillazioni sono dovute alla reazione del secondario sul primario e dànno luogo a un fenomeno di battimenti (fig. 24) ed all'emissione di una doppia onda (ciò che è dannoso).

Se l'accoppiamento è *largo*, e cioè le bobine sono un po' distanti (entro certi limiti), si

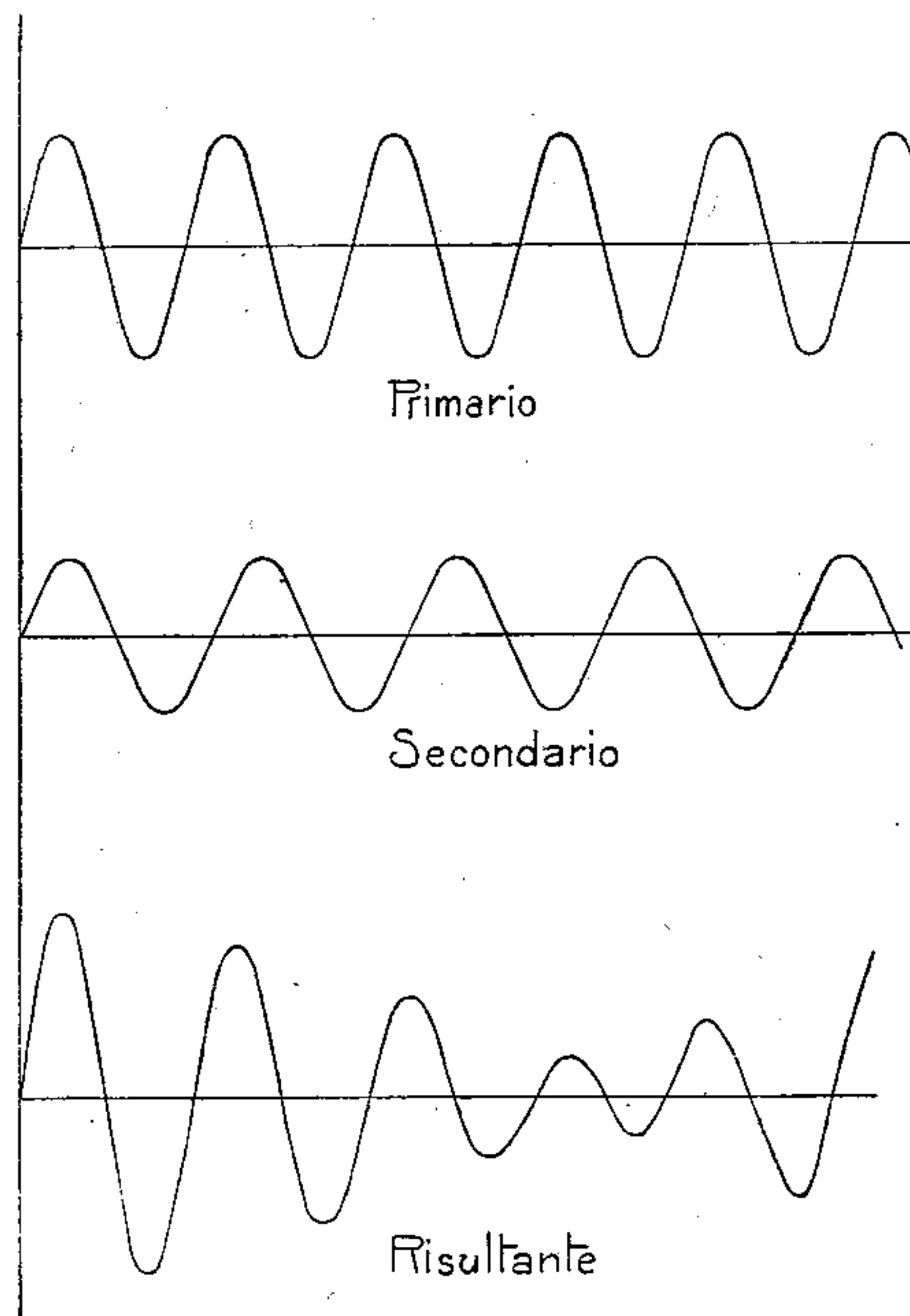



Fig. 24.

può invece ritenere che i periodi dei due circuiti sieno eguali.

Eccitazione ad impulso.

Se il circuito primario è molto smorzato, ed il secondario lo è poco, le oscillazioni del primo circuito si spengono rapidamente co-

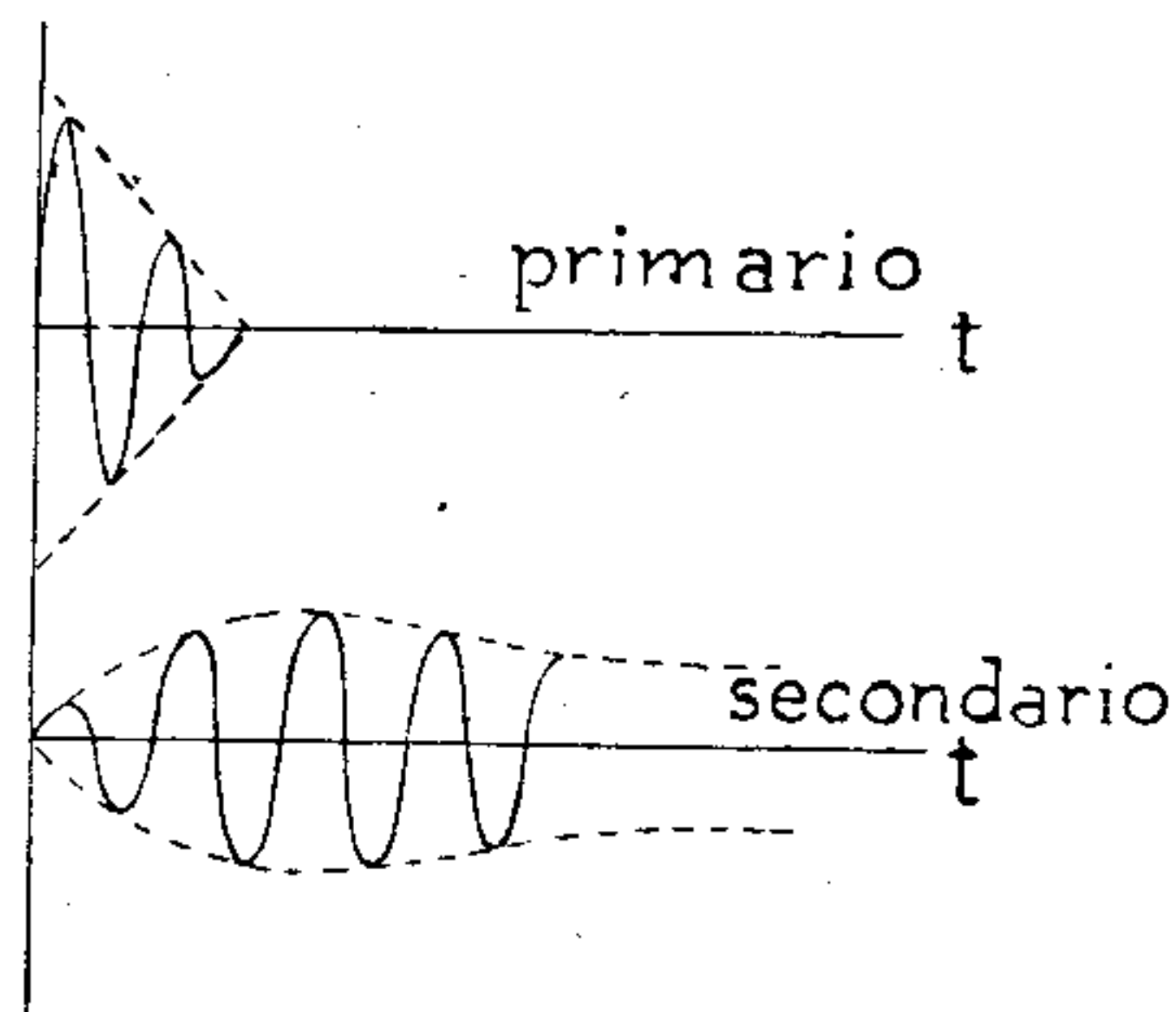



Fig. 25.

sicchè il secondario oscilla con un periodo proprio.

Si ha così il vantaggio di poter tenere un accoppiamento stretto pur non avendo le due oscillazioni di periodo differente (fig. 25).

Eccitazione indiretta.

Se noi sostituiamo al condensatore del circuito secondario, l'antenna-terra, si comprende come l' energia data dal circuito primario possa essere irradiata. Con tale sistema si hanno molti vantaggi rispetto all' eccitazione diretta, e cioè: nel circuito primario noi possiamo mettere un condensatore C di capacità rilevante ed una induttanza L tale che la frequenza del circuito sia uguale a quella propria determinata da L_1 e dall'aereo. Essendo C molto grande, la carica che noi potremo fornire, sarà pure molto grande, e potremo quindi avere in gioco una grande quantità di energia.

Vi è poi il vantaggio relativo allo smorzamento delle oscillazioni. Infatti, nel sistema ad eccitazione indiretta, non si ha più la scintilla fra l'antenna e la terra, e si ha quindi una diminuzione dello smorzamento. Di più, lo smorzamento del sistema antenna-terra, dipende anche dallo smorzamento del circuito pri-

mario, che in generale è piccolo e si dimostra che lo smorzamento risultante nel circuito secondario è un valore medio tra gli smorzamenti propri dei due circuiti primario e secondario. Così, se lo smorzamento del primario si fa piccolo, lo smorzamento delle oscillazioni risultanti, è di poco superiore alla

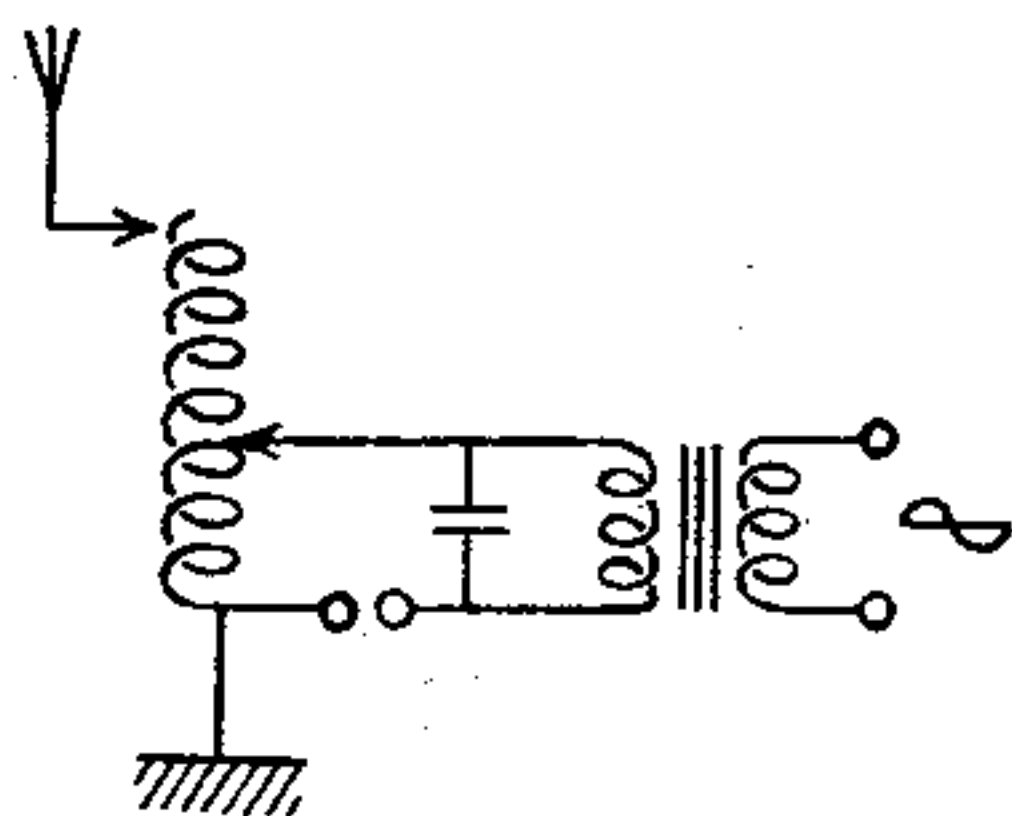



Fig. 26.

metà di quello proprio che avrebbe il circuito secondario.

Concludendo: il sistema ad eccitazione indiretta permette di impiegare grandi energie con piccolo smorzamento. Si comprende allora come la ricezione possa farsi a distanze maggiori e con una risonanza più acuta.

Invece dell'accoppiamento induttivo si usa

talvolta l'accoppiamento per derivazione, e si usa allora il circuito rappresentato in fig. 26 che è paragonabile al precedente. Si comprende come anche con tale sistema si abbiano i medesimi vantaggi.

Alimentazione del circuito primario.

Allorchè si usava l'eccitazione diretta, la sorgente di energia che serviva a caricare l'aereo, era un comune rocchetto di Rhumkorff il cui secondario era collegato alle sfere dello spinterometro, che alla loro volta erano collegate all'antenna e alla terra.

Colla necessità di utilizzare potenze sempre più grandi, si è sostituito al rocchetto, che presenta i ben noti inconvenienti, il trasformatore alimentato da corrente alternata con frequenza industriale. Tale sistema aveva però l'inconveniente di dare, alla ricezione, dei suoni corrispondenti alla frequenza industriale usata e quindi di tono molto basso e difficilmente distinguibile fra le scariche e fra i disturbi di altre stazioni. Di più, l'orecchio

umano è più sensibile alle note che hanno una frequenza fra i 500 ed i 2000 periodi. Si è allora pensato di alimentare il trasformatore con un alternatore capace di dare tale frequenza. Le scintille acquistano allora un carattere musicale ed è per questo che un tale sistema dicesi *a scintilla musicale.*

SPINTEROMETRO.

Coll'aumentare della potenza in gioco, si comprende come le sfere dello spinterometro dessero luogo ad inconvenienti, specialmente per il grande riscaldamento. Si è pensato dap-

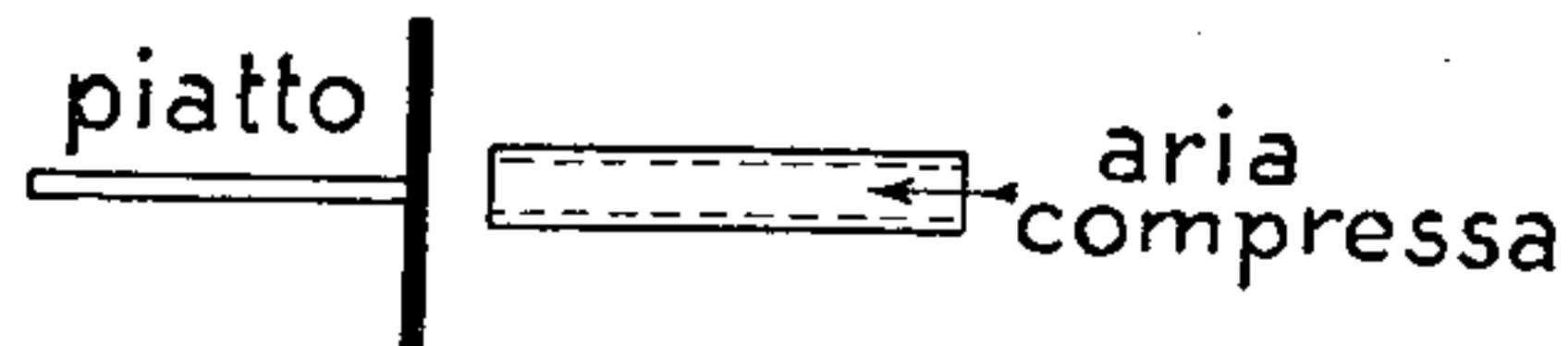



Fig. 27.

prima di soffiare la scintilla con una corrente d'aria, e ciò ha portato un notevole vantaggio. Allora la disposizione degli elettrodi è quella della fig. 27 dove un elettrodo è un piatto, e l'altro è un tubo nel cui interno si soffia del-

l'aria. La scintilla scocca fra il bordo del tubo ed il piatto.

Sempre allo scopo di diminuire il riscaldamento si può far girare l'elettrodo piatto e porre al posto di questo una specie di sfera.

Un'altra disposizione molto usata è la se-

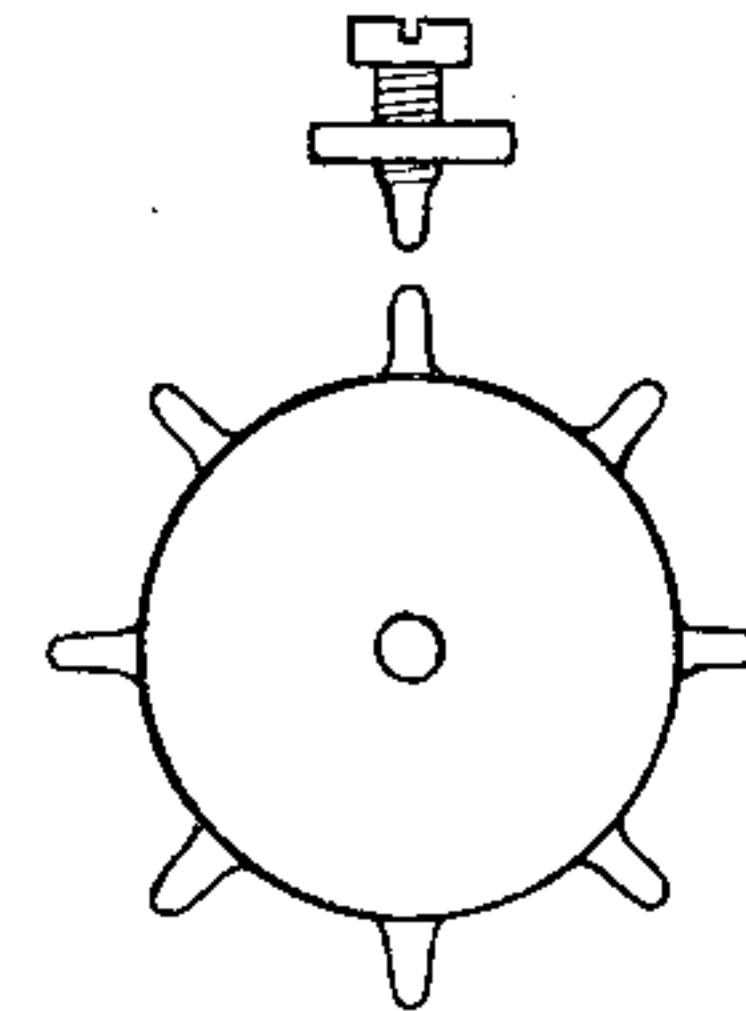



Fig. 28.

guente: sull'albero dell'alternatore si monta un disco, sul bordo del quale sono montate delle punte, il cui numero dipende dal numero dei poli dell'alternatore. Tale disco è uno degli elettrodi dello spinterometro e l'altro è pure una punta a distanza regolabile dalle punte del disco (fig. 28).

Il calettamento del disco sull'albero dell'alternatore va fatto in modo che la scintilla scocchi quando si ha il max di tensione.

Coll'eccitazione ad impulso è usato uno spinterometro a dischi, sui quali vi sono delle speciali corone, fra le quali scoccano le scintille. I dischi hanno lo scopo di irradiare rapi-

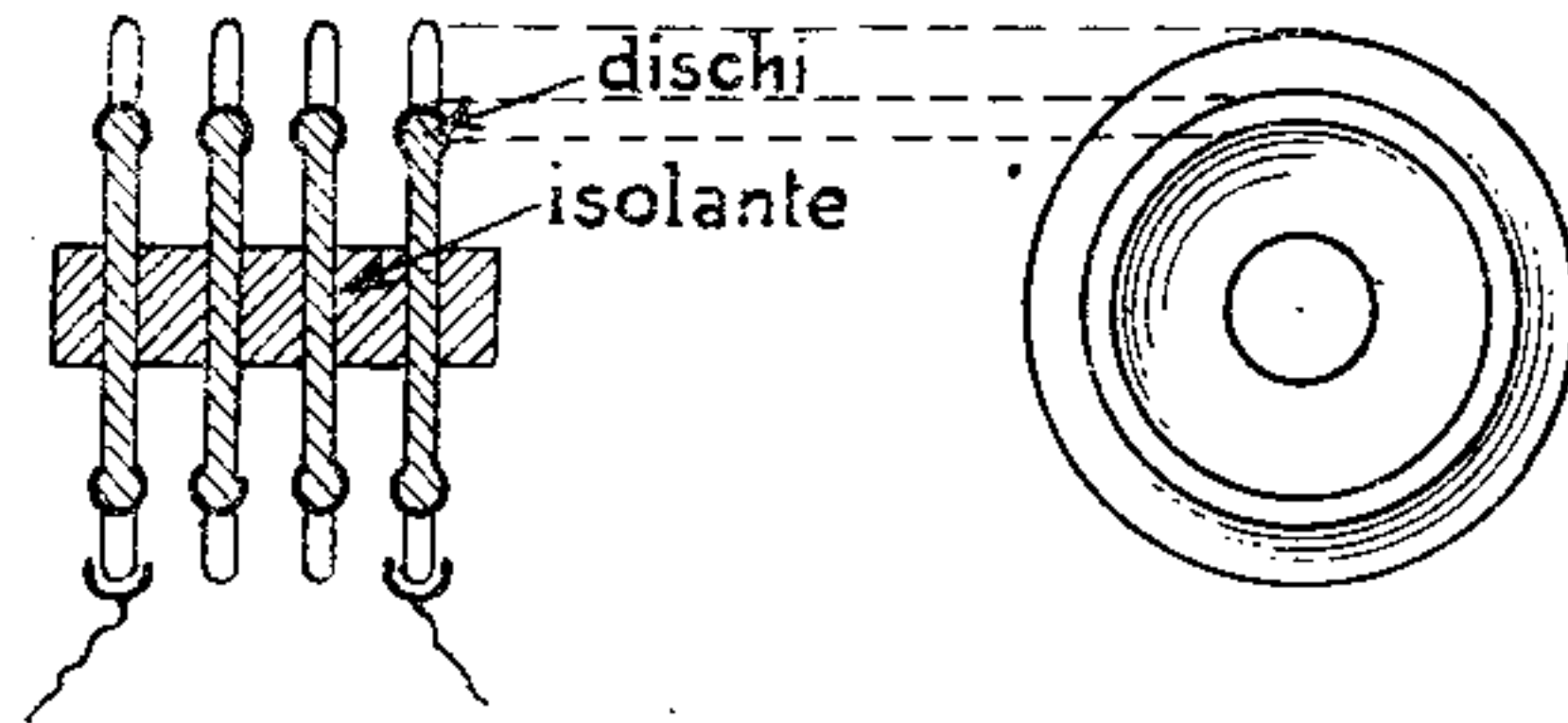



Fig. 29.

damente il calore e tale energia dissipata è levata alla scintilla che si spegne quindi rapidamente, impedendo al circuito in cui è posto lo spinterometro (vedi fig. 29) di oscillare.

Schema generale di un posto ad onde smorzate.

Riepilogando: una stazione ad onde smorzate si compone di (fig. 30) un alternatore

che fornisce al primario del trasformatore una corrente alternata di frequenza musicale. Il secondario del trasformatore carica il condensatore *C* che fa parte del circuito oscillante primario, la cui self primaria è la bo-

Fig. 30.

bina *L*, ed il cui spinterometro *E* può essere uno dei tipi innanzi descritti. Il primario *L* è accoppiato al secondario *L'* che è connesso da una parte all'antenna, o direttamente o per mezzo di una seconda self che serve a variare la lunghezza d'onda; e dall'altra alla

terra, attraverso un amperometro termico che ci indica le posizioni di risonanza.

La manipolazione si fa introducendo nel circuito, fra l'alternatore ed il trasformatore, un interruttore o tasto.

Si può utilizzare anche uno speciale fenomeno di risonanza a bassa frequenza fra il trasformatore e l'alternatore, e ciò interponendo nel circuito una speciale self *S*.

Per grandi potenze, si comprende come le rapide variazioni di carico che si hanno alla chiusura del tasto ed alla successiva apertura, diano luogo a gravi inconvenienti. Si usano allora speciali dispositivi.

Per piccole potenze, si può intercalare il tasto sul circuito di eccitazione dell'alternatore. Ma per grandi potenze è necessario adoperare speciali interruttori comandati a mezzo di relais dal tasto di manipolazione. La regolazione di un tale posto si fa come segue: anzitutto si stabilisce il circuito primario in modo che la lunghezza d'onda di tale circuito sia quella colla quale si vuole trasmettere. Si mette poi in moto l'alternatore e si

regola lo spinterometro a tasto chiuso in modo che le scintille abbiano un carattere oscillante e non tendano ad archeggiare. Si regola quindi la self *S* in modo da ottenere la massima intensità sull'antenna e ciò leggendo le indicazioni dell'amperometro *A*.

Trasmissione con onde persistenti.

Abbiamo già visto cosa sia una oscillazione persistente. Si comprende che, mentre colle onde smorzate la sintonia o risonanza non può mai essere perfetta, colle onde persistenti si possono avere degli accordi precisi, e cioè le risonanze siano più acute e nette. Di più, vedremo nella parte dedicata ai posti ricevitori, quali grandi vantaggi abbiano le onde persistenti, e come solo con queste si possa fare la radiotelefonia.

Produzione di onde persistenti per mezzo dell'arco.

È noto cosa sia un arco voltaico. Se agli elettrodi dell'arco riuniamo i capi di un

circuito oscillante, come in fig. 31 e se regoliamo i valori della self, del condensatore, della tensione, della corrente e la distanza fra i due carboni, soddisfacendo a speciali condizioni, il circuito oscillante stesso diviene luogo di oscillazioni persistenti.

In tali condizioni però la frequenza non supera quella dell'ordine musicale. Per ot-

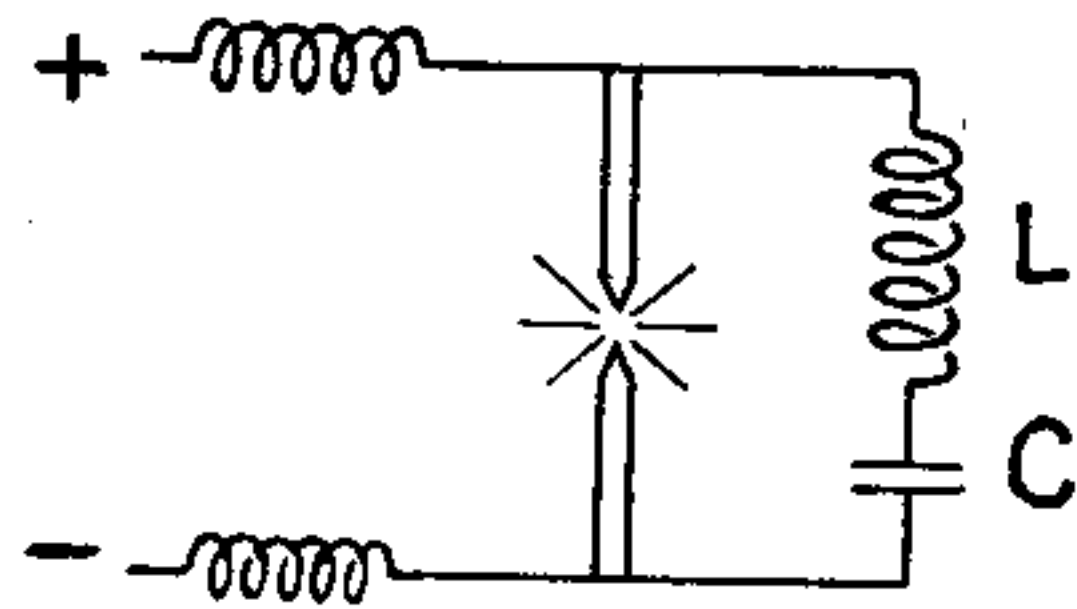



Fig. 31.

tenere le frequenze usate in radiotelegrafia è necessario chiudere l'arco in un ambiente contenente un gas idrocarburato (gas di illuminazione o vapori d'alcool): sostituire al carbone positivo un cilindro di rame cavo, in cui si fa circolare dell'acqua per il raffreddamento ed infine soffiare l'arco mediante un forte campo magnetico prodotto con potenti elettrocalamite.

Abbiamo allora un circuito schematicamente rappresentato dalla fig. 32 in cui L^1 e L^2 sono due impendenze o self che impediscono il ritorno dell'alta frequenza sulla sorgente di energia a corrente continua.

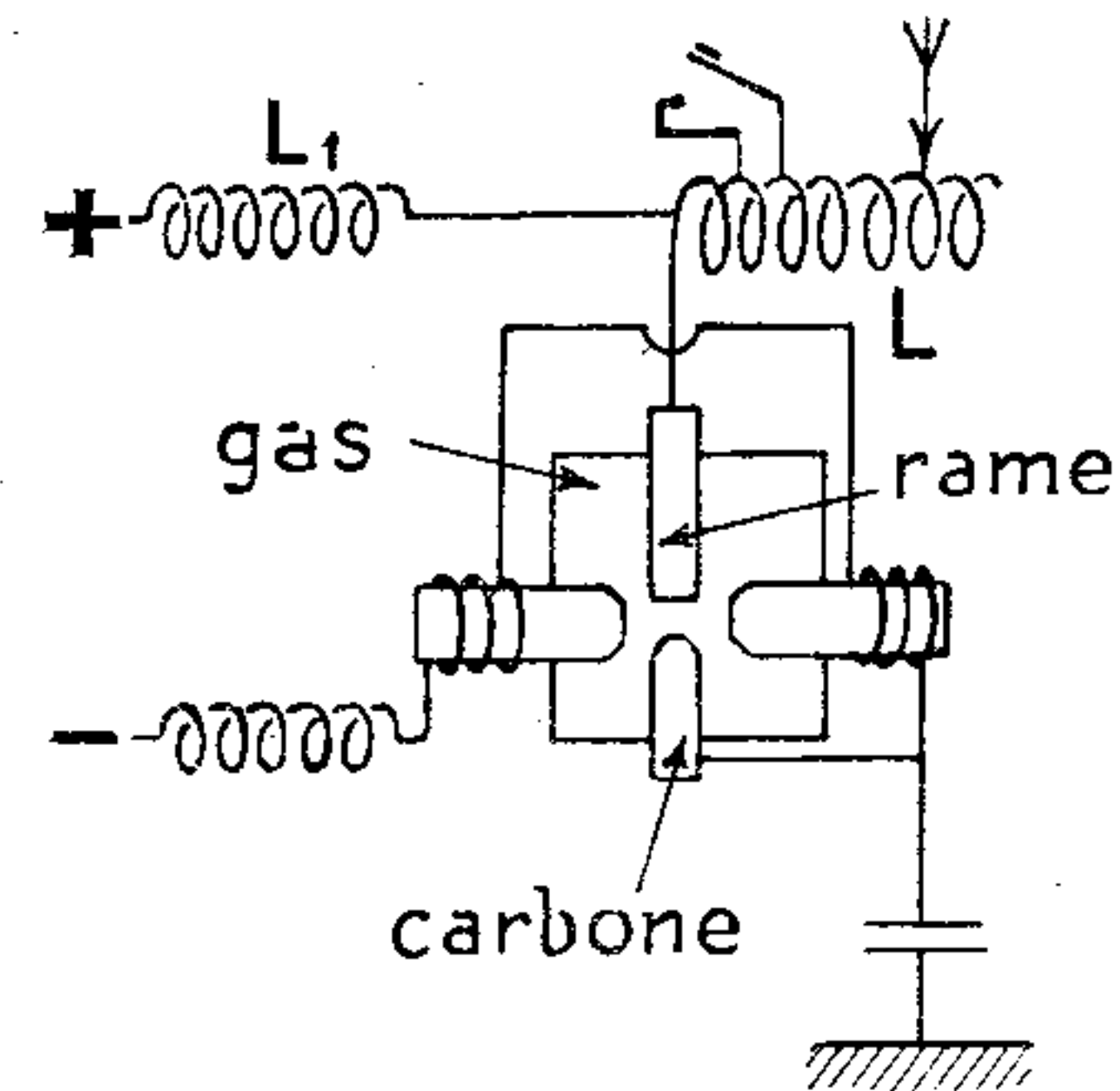



Fig. 32.

Le elettrocalamite sono eccitate dalla stessa corrente di alimentazione dell'arco. Al polo positivo è collegato l'elettrodo di rame, a cui è collegata la induttanza *L* d'antenna, la quale deve essere tale che la lunghezza d'onda risultante sia 2 ÷ 4 volte quella propria del-

l'antenna. Il polo negativo è collegato all'elettrodo di carbone che per evitare usura ineguale, è fatto rotare lentamente intorno al suo asse, ed è quindi posto in comunicazione colla terra.

S'innesca l'arco, avvicinando i due carboni, poi allontanandoli; è evidente però che in questo caso non si può certo manipolare, interrompendo la corrente di alimentazione, poichè in tal caso l'arco si spegnerebbe, e nemmeno interrompendo la corrente molto intensa nell'antenna, ciò che porterebbe anche a forti variazioni di carico della sorgente di energia.

Si cortocircuiscono allora poche spire della induttanza *L* mediante la chiusura del tasto, ciò che porta una variazione di lunghezza d'onda. Si hanno allora un'onda di riposo e una di lavoro. Si comprende come un ricevitore sintonizzato su quest'ultima, non riceva la prima e quindi possa distinguere i segnali.

L'arco è impiegato specialmente nelle stazioni di media e grande potenza, e per onde comprese fra i 2000 ed i 20000 metri circa.

ALTERNATORE AD ALTA FREQUENZA.

Da parecchi anni si era pensato di alimentare l'antenna direttamente con una corrente alternata della frequenza elevata usata in radiotelegrafia. La realizzazione pratica ha presentato molte difficoltà che solo da poco tempo e soltanto in parte sono state superate.

Infatti, per ottenere delle frequenze elevate, da quello che si è detto nei primi paragrafi, si comprende come sia necessario aumentare di molto il numero dei giri dell'alternatore e il numero dei poli. Tali aumenti hanno però un limite facilmente raggiungibile. Di più: per tali frequenze, si hanno perdite elevatissime nel ferro, per cui è necessario laminare il ferro stesso fino ad uno spessore sottilissimo.

L'Alexanderson ha costruito un alternatore della potenza di 2 kw, con una frequenza di 200000 periodi.

Si sono pure costruite delle macchine com-

poste da più alternatori montati sullo stesso albero. La corrente alternata prodotta dal primo alternatore, va ad alimentare il secondo, il quale produce quindi una corrente di frequenza doppia della precedente, e così via.

Goldschmidt ha pure realizzato un alternatore detto a riflessione, che utilizza le reazioni fra l'indotto e l'induttore.

Si comprende come per una buona trasmissione, la velocità dell'alternatore debba rimanere costante, ciò che è difficile ad ottenersi in pratica, specialmente quando si manipola.

La manipolazione si fa come per gli archi, cortocircuitando qualche spira dell' induttanza d'antenna, o sostituendo all'antenna un circuito chiuso, oppure cortocircuitando con speciali precauzioni l'alternatore.

Anche l'alternatore, come ben si comprende, è usato solo per onde lunghe, — non mai inferiori ai 10000 m. — poichè a tale lunghezza d'onda corrisponde già una frequenza di 30000 periodi.

Trasformatori di frequenza.

Questi apparecchi, basati sulla saturazione del ferro, sono dei trasformatori raddoppiatori o triplicatori di frequenza.

Si comprende come con tali sistemi sia sufficiente avere un alternatore ad una frequenza non molto elevata, che vien raddoppiata poi coi trasformatori suddetti.

Triodi.

In questi ultimi anni tali apparecchi, conosciuti anche sotto il nome di *Audion*, di *valvole termoioniche* od *a tre elettrodi*, hanno preso un grande sviluppo, sia in trasmissione che in ricezione, ed hanno permesso alla radiotelefonia di progredire rapidamente.

Dato il modo speciale di funzionare dei triodi, e le varie applicazioni a cui si prestano, sarà bene dedicare, più innanzi, uno speciale capitolo a questo riguardo.

CAPITOLO III.

RICEZIONE

Un'antenna posta in un mezzo di propagazione delle onde elettromagnetiche, diventa sede di oscillazioni elettriche della stessa natura di quelle che sono state trasmesse.

I due sistemi, ricevitore e trasmettitore, sono due circuiti oscillanti aperti e si possono ritenere accoppiati debolissimamente. Si comprende, come per avere il massimo effetto al circuito ricevitore, sia conveniente metterlo in risonanza col circuito trasmettitore.

DIVERSI METODI DI RICEZIONE. RICEZIONE DIRETTA.

Come per la trasmissione abbiamo vista l'eccitazione diretta ed indiretta, così pure per la ricezione si hanno sistemi analoghi.

Nel caso più semplice della ricezione diretta, l'apparecchio rivelatore *R* delle onde si trova posto fra l'antenna e la terra (fig. 33). L'accordo in questo caso, si può ottenere facendo un'antenna di tale lunghezza, che la sua onda propria sia uguale a quella da ricevere, ciò che è tutt'altro che pratico per grandi lun-

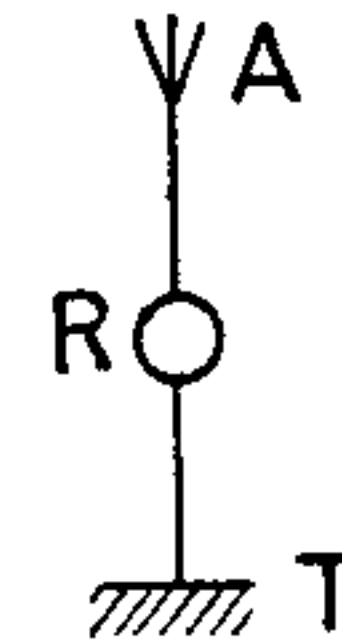



Fig. 33.

ghezze d'onda; oppure si può ottenere intercalando sull'antenna una induttanza variabile; e l'accordo, si riconosce all'effetto massimo che si ottiene al rivelatore. — Il rivelatore che ha sempre una grande resistenza, posto fra l'antenna e la terra, conferisce a questo circuito un grande smorzamento, cosicchè l'energia ricevuta diminuisce e la sintonia è difficile.

Ricezione indiretta.

Tale sistema comprende: un circuito primario composto dal sistema antenna-terra in cui è intercalata una self detta primaria; un circuito secondario accoppiato al primo nel modo noto, e composto di una self, di un condensatore variabile (capace cioè di assumere diversi valori) e del rivelatore (fig. 34).

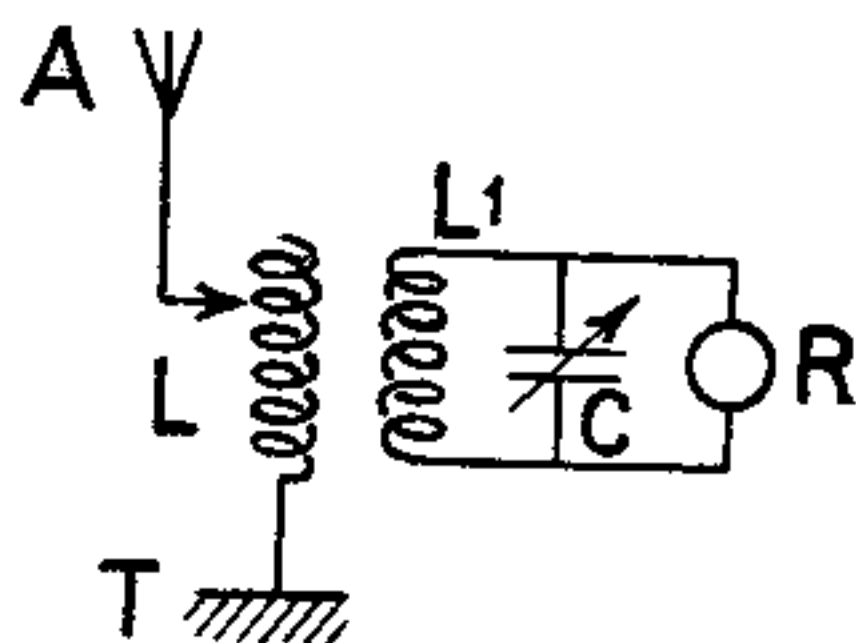



Fig. 34.

L'accordo si ottiene variando la self primaria per il circuito primario, e variando il condensatore per il circuito secondario.

Talvolta manca il condensatore al secondario, ed allora il circuito secondario stesso dicesi: *aperiodico*, cioè capace di ricevere qualunque lunghezza d'onda.

Si comprende come all'accoppiamento induttivo si possa sostituire l'accoppiamento in derivazione od in «oudin», la cui regolazione è simile alla precedente (fig. 35).

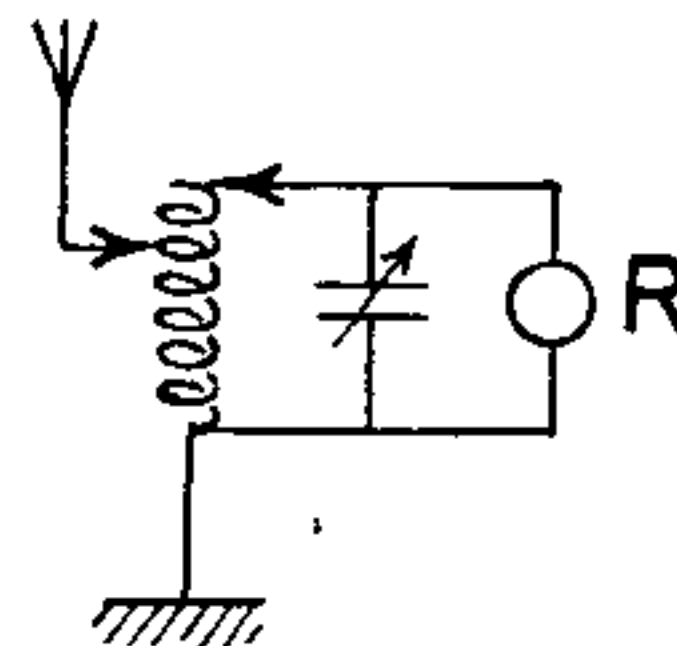



Fig. 35.

I vantaggi della ricezione indiretta sono quelli di possedere uno smorzamento piccolo dei circuiti e di permettere quindi un accordo preciso.

Tale sistema è per ciò oggi il più usato.

Rivelatore - Detector.

L'energia che l'antenna ricevitrice è capace di raccogliere è molto piccola e diminuisce molto col crescere della distanza dal posto trasmettitore. Si comprende come il rivelatore

debba essere molto sensibile e come per raggiungere grandi distanze con poca energia trasmessa, debbasi utilizzare l' apparecchio più sensibile che si possa avere.

Tralasceremo di parlare del *coherer* che fu il primo rivelatore usato in radiotelegrafia, ma che da parecchio tempo non si usa più, ed il cui funzionamento è spiegato da tutti i trattati di fisica.

Uno degli strumenti più sensibili è il telefono. Se però noi l'intercaliamo fra l'antenna e la terra, avendo le oscillazioni elettriche una frequenza di molto superiore all'udibile, non potremo ancora rivelarle ai nostri sensi, ammesso che la placca possa seguire le rapide variazioni, data la sua inerzia.

È necessario allora aggiungere un altro apparecchio, che è il *detector*.

Funzionamento dell'insieme: detector-telefono.

È noto che le onde smorzate sono prodotte mediante un circuito oscillante caricato ad

intervalli, e che ogni scarica si compone di diverse oscillazioni che si smorzano rapidamente e che formano un treno d'onda. Simili, saranno gli effetti al posto ricevitore.

Il detector è un apparecchio capace di lasciar

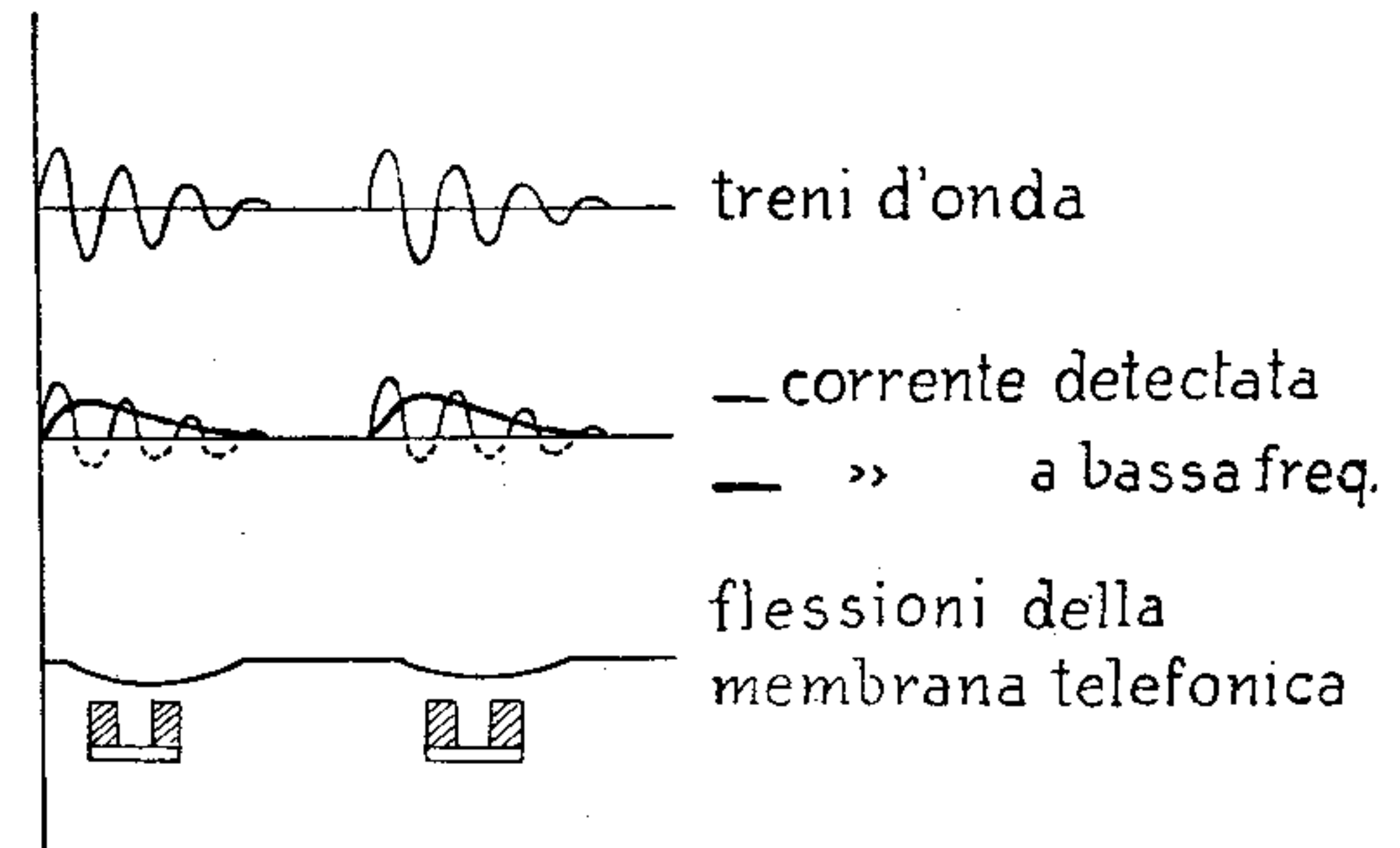



Fig. 36.

passare la corrente in un solo senso; è cioè un raddrizzatore. Le oscillazioni smorzate, vengono raddrizzate, e le correnti che si hanno dopo il raddrizzamento sono rappresentate nella fig. 36.

L'effetto risultante di tali correnti è una corrente brevissima in un solo senso e capace

quindi di agire sulle lamine telefoniche, come dei colpi.

Il susseguirsi dei treni d'onda produrrà tanti colpi, la cui frequenza sarà uguale alla frequenza dei treni d'onda. E se quest'ultima è musicale, come si è detto, al telefono si avrà una nota che sarà facile a percepirsi.

Esistono molti tipi di detector, ora non più usati. Descriveremo quindi quelli che oggi sono adottati.

DETECTOR ELETTROLITICO.

È costituito da un vaso contenente dell'acqua acidulata, in cui sono immersi un filo di piombo costituente un elettrodo, l' altro elettrodo è formato da un tubetto di vetro dalla cui estremità affilata sporge un filo sottilissimo di platino (fig. 37).

Riunendo i due elettrodi ai poli di una pila, vi sarà una corrente circolante che decomporrà l'elettrolito e si manifesteranno dei gas agli elettrodi; dopo un breve tempo si avrà polarizzazione. Questa scompare, e quindi

lascia passare una corrente che aziona il telefono, allorchè gli elettrodi sono percorsi anche da oscillazioni elettriche.

La tensione che deve avere la pila, non può superare il limite per il quale la elettrolisi

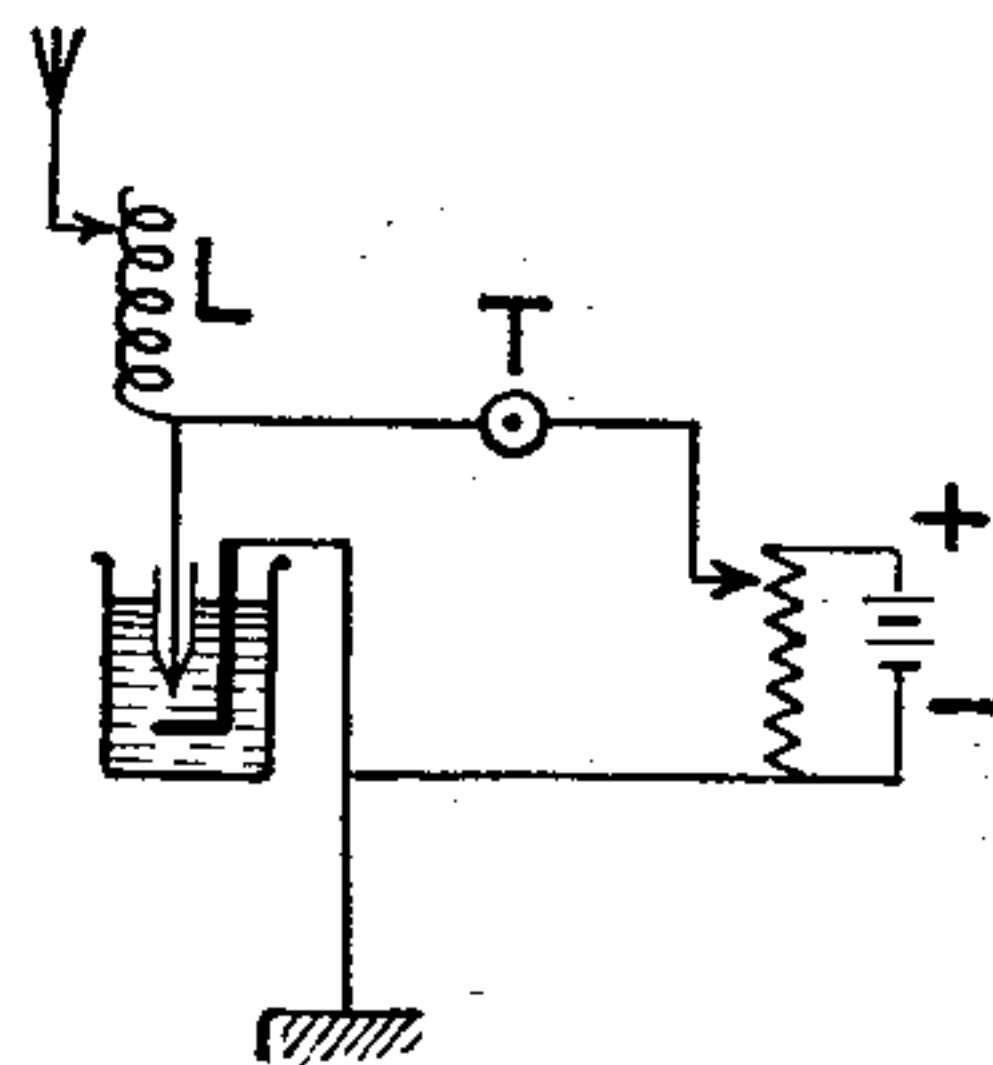



Fig. 37.

continua, e questa tensione critica è di circa 2, 5 volts per l'acqua acidulata con acido solforico. Questo detector è ora pochissimo usato.

DETECTOR A CRISTALLI.

Si compone di un cristallo di un minerale, che normalmente è la *galena* o il *car-*

borundum, e di una punta di metallo che appoggia leggermente sul cristallo stesso. — Il contatto fra la punta ed il cristallo ha la proprietà di lasciar passare la corrente più facilmente in un senso che nell'altro. Abbiamo già visto il funzionamento di tale si-

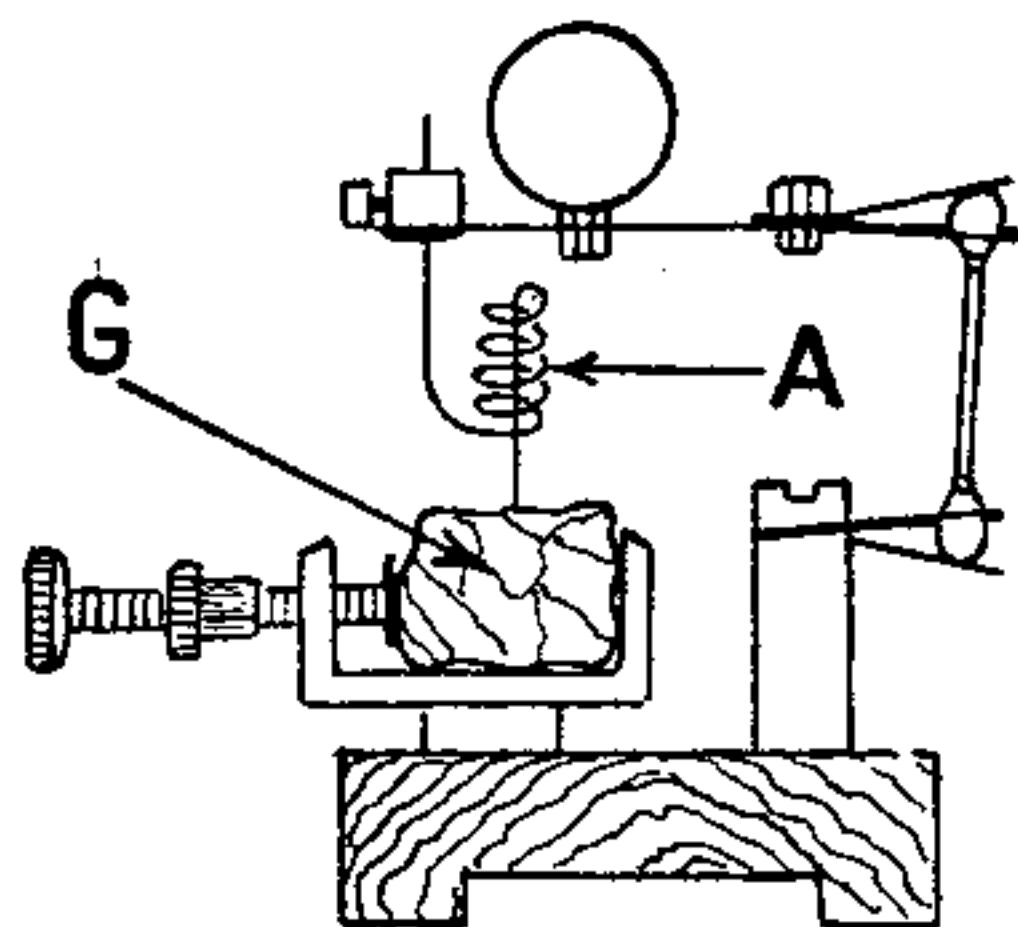



Fig. 38.

stema, accoppiato ad un telefono. Tali detector presentano una grande sensibilità e la galena funziona senza alcuna forza elettromotrice ausiliaria. È necessario però spostare la punta sul cristallo per trovare il punto più sensibile. A tale scopo si hanno in pratica molti dispositivi, di cui un tipo è quello rappresentato dalla fig. 38.

RICEZIONE DI ONDE PERSISTENTI.

In questo caso, essendo le oscillazioni di uguale ampiezza, e non essendovi quindi

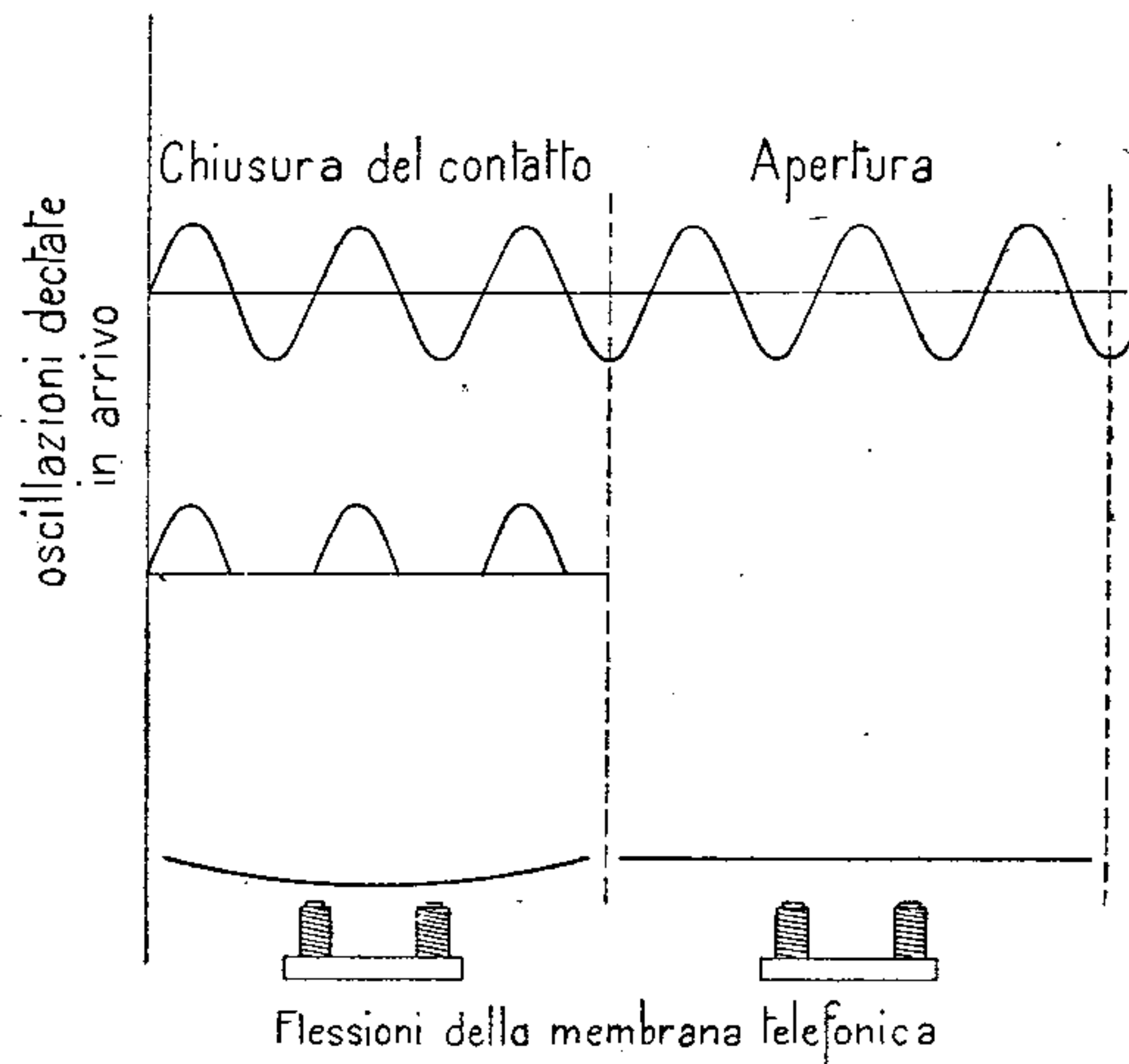



Fig. 39.

treni d'onda, l'effetto sul telefono sarà uno spostamento in un solo senso della lamina telefonica per tutta la durata di un segnale.

Per rendere percepibile il segnale stesso si introduce nel circuito uno speciale interruttore che interrompe le oscillazioni che si ricevono, in modo di avere un effetto simile a quello prodotto dai treni d'onda. Al telefono si sentirà quindi una nota che è data dal numero di vibrazioni di tale interruttore, solo allorchè vi sarà una oscillazione persistente nel circuito.

Il funzionamento è rappresentato dalla figura 39.

Il rendimento è però scarso, poichè l'energia ricevuta durante l'apertura del circuito va persa.

Metodo dei battimenti.

Tale metodo è oggi universalmente adottato.

È noto che se una oscillazione di frequenza f, interferisce con un'altra di frequenza f', si ha una oscillazione risultante di frequenza $F = f - f'$ che è data dai cosidetti *battimenti*.

Supponiamo che l'onda persistente che ri-

ceviamo abbia la frequenza f non udibile. Se nelle vicinanze del circuito ricevitore noi abbiamo un apparecchio che oscilli con frequenza f' pure non udibile e tale che la differenza $f - f'$ sia una frequenza udibile, si comprende come solo allorchè vi siano i segnali, sia possibile udire un suono. È poi facile variare la nota, facendo variare f'. Si può così avere la nota per la quale il nostro orecchio è più sensibile.

Tale sistema di ricezione è stato proposto molto tempo addietro, ma non si è mai potuto applicarlo per la mancanza di un adatto generatore di oscillazioni persistenti di frequenza f' che fosse pratico.

Vedremo come ora, con l'uso dei triodi, tale sistema sia il più usato.

CAPITOLO IV.

TRIODO O VALVOLA TERMOIONICA

Effetto Edison.

In un'ampolla vuota d'aria, si disponga vicino al filamento una placca P isolata e connessa ad un filo esterno (fig. 40). Se con-

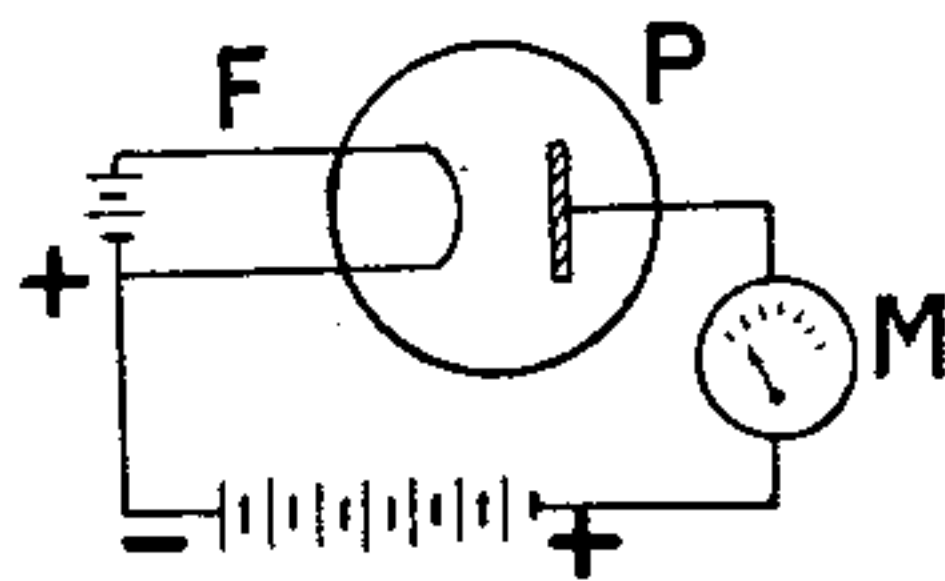



Fig. 40.

giungiamo questo al polo positivo di una batteria, il cui negativo sia unito al filamento F della lampada, intercalando un milliampero-

metro adatto M, constateremo che allorchè il filamento diventa incandescente, passa una corrente nel circuito della placca, corrente indicata dal milliamperometro.

Il circuito che nell'interno della valvola sembrava interrotto, è ora chiuso.

Il filamento portato all'incandescenza, emette degli elettroni [1] e la quantità di questi, emessa in un tempo determinato, dipende dal corpo adoperato quale filamento, dalla temperatura a cui viene portato e dall'ambiente rarefatto.

Sono appunto questi elettroni che, attirati dalla placca positiva, chiudono il circuito.

Naturalmente, cambiando polarità alla placca, gli elettroni saranno respinti (cariche omonime si respingono) e quindi non si avrà nessuna corrente nel circuito della placca. La lampada è così una valvola che lascia passare la cor-

[1] Numerosi studi ed esperienze hanno fatto prevedere l'esistenza dei cosidetti *elettroni*. Essi formano una parte importante dell'atomo, e si possono ritenere come particelle piccolissime di elettricità negativa. Un forte riscaldamento provoca la emissione di questi elettroni da parte dei corpi.

rente solo in un determinato senso e che può quindi adoperarsi come detector.

Una importantissima invenzione dovuta a Lee Deforest è quella dell'introduzione di un terzo elettrodo nell'ampolla: *la griglia*; costituita da una spirale o fitta rete di metallo, interposta fra il filamento e la placca, e di cui vedremo lo scopo.

Funzione della griglia e curve caratteristiche.

Nella valvola a 2 elettrodi, se teniamo costante la tensione di placca e la temperatura del filamento, avremo nel circuito di placca, una corrente d'intensità costante. Se noi eleviamo o diminuiamo la tensione di placca, varierà pure la corrente di placca; se portiamo i diversi valori della tensione sulle ascisse di un sistema di riferimento e l'intensità della corrente in milliampères, sulle ordinate, avremo una curva che sarà simile alla fig. 41 e che dipende dalle carattristiche fisiche della valvola. Si constata che aumentando la tensione

di placca, la corrente di placca non aumenta indefinitamente. È segno che tutti gli elettroni emessi vengono ad esser assorbiti dalla placca per una data tensione, e aumentando questa, ed essendo costante il numero degli elettroni,

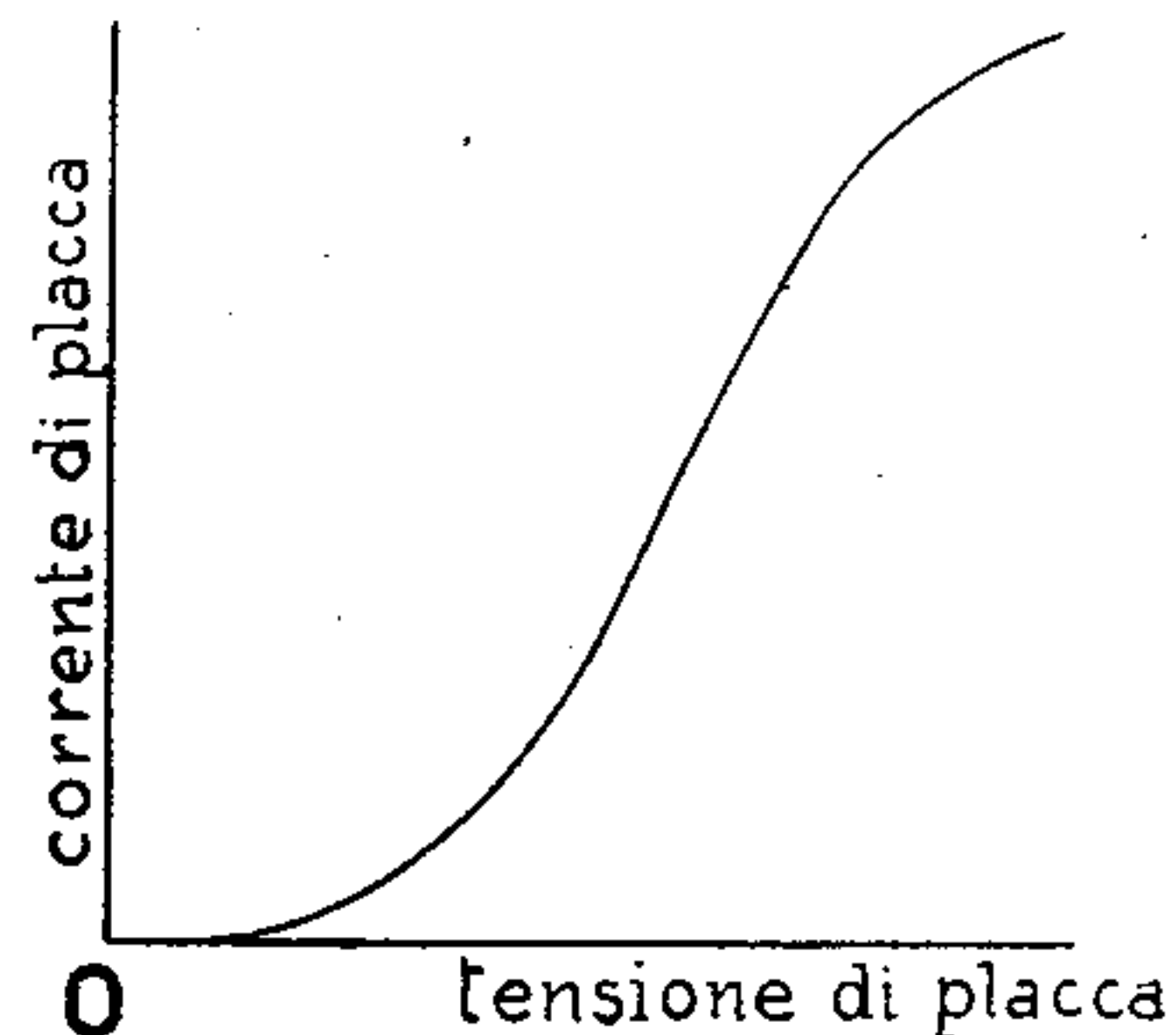



Fig. 41.

la corrente di placca rimane costante. Si ha cioè: la *corrente di saturazione.*

Nella valvola a 3 elettrodi, si ha una importante caratteristica, dovuta all'introduzione della griglia.

Costituiamo un circuito come quello rappresentato dalla fig. 42 i cui elementi sono:

1 batteria B_1 per l'accensione del filamento F.
1 batteria B sino a 25-30 volts di cui sarà possibile far variare la tensione e la polarità, connessa alla griglia ed in circuito con un micramperometro che sarà pure connesso col negativo del filamento (circuito di griglia).

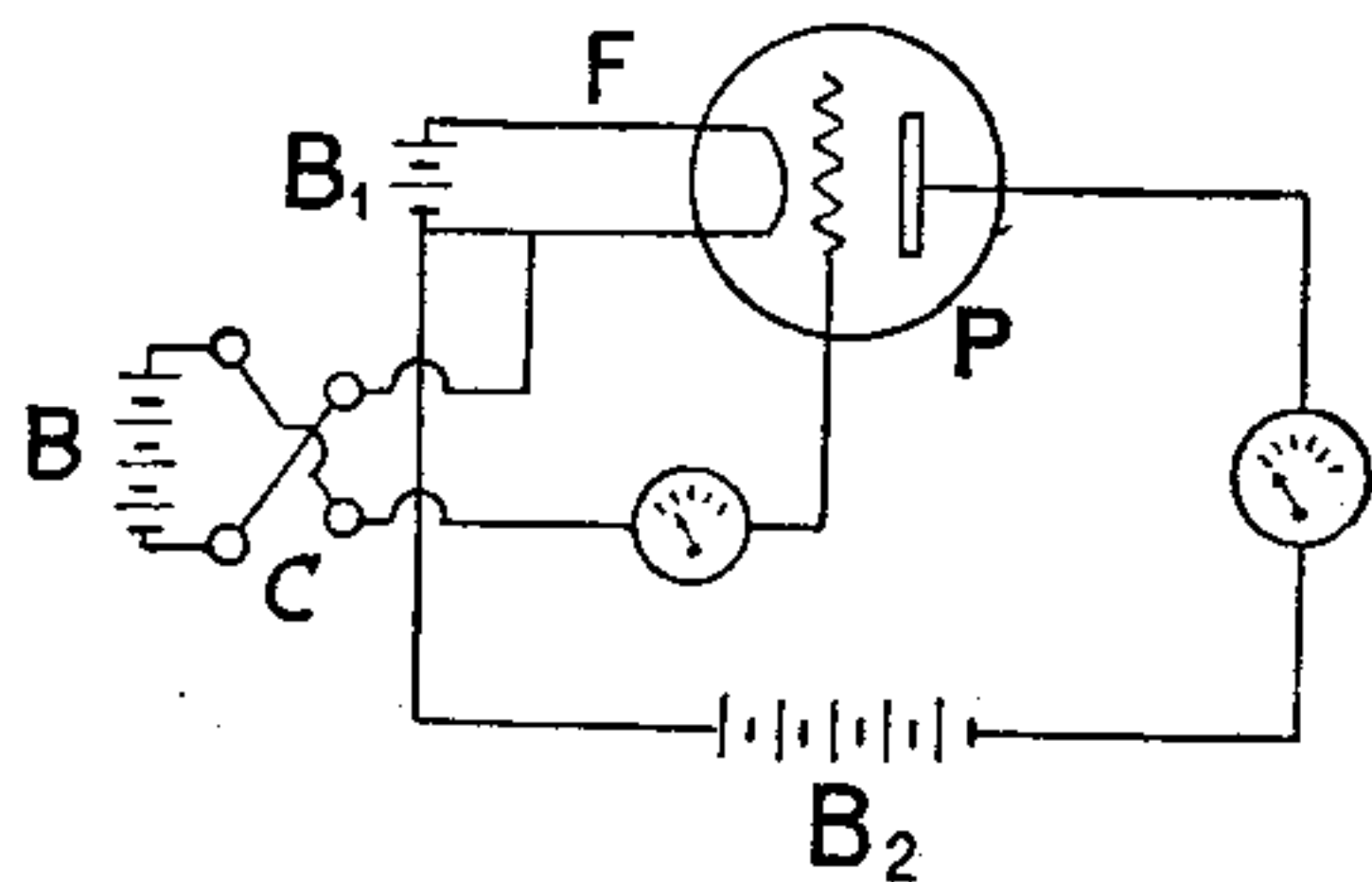



Fig. 42.

1 batteria B_2 di 20 a 80 volts connessa col polo positivo alla placca e col negativo, in serie con un milliamperometro, al negativo del filamento (circuito di placca).

Tenendo fisso il potenziale di accensione e per un dato potenziale di placca, cominciamo col connettere la griglia al polo negativo della batteria di griglia e diamo a questa un potenziale negativo di — 20 volts; constateremo che nel circuito di placca e nel circuito di griglia non vi sarà nessuna corrente. Infatti tutti gli elettroni emessi dal filamento saranno respinti dalla griglia e non potranno raggiungere la placca.

Se facciamo variare il potenziale di griglia verso *O*, e cioè se diamo a questo dei valori negativi in valori assoluti sempre minori, qualche elettrone potrà fuggire attraverso la griglia e constateremo che per un determinato valore di questo potenziale vi sarà una corrente di placca di determinata intensità. Così facendo, arriveremo ad un potenziale di griglia nullo. Invertendo poi le connessioni della batteria di griglia mediante il commutatore *C*, potremo dare alla griglia dei valori positivi da o sino a 30 volts: constateremo un aumento della corrente di placca e della corrente di griglia, coll'aumentare della tensione di questa.

Aumentando il potenziale di griglia, oltre un certo limite, si constata una diminuzione della corrente di placca, e ciò è dovuto al fatto

che la griglia assorbe un rilevante numero di elettroni.

La griglia positiva ha l'effetto di attirare gli elettroni e di assorbirli, tanto maggiore è il suo potenziale. Gli elettroni attratti che non potranno essere assorbiti, saranno in maggior numero di quelli attratti dalla sola placca, per cui con questi andranno ad essere assorbiti dalla placca stessa e ad aumentare la corrente di placca. Però si comprende che vi possa essere un potenziale di griglia determinato, per cui gli elettroni assorbiti da questa sono in numero superiore a quelli attratti e non assorbiti, che dovrebbero aumentare la corrente di placca, cosicchè questa diminuisce invece di crescere.

Si dice che a quel potenziale di griglia, che varia col variare della tensione di placca che noi abbiamo tenuta fissa, si raggiunge la corrente di saturazione.

Portando in un sistema cartesiano di riferimento sulle ascisse le tensioni di griglia e sulle ordinate le intensità delle correnti di placca e di griglia in milliampères, avremo le curve rappresentate dalla fig. 43.

Ora possiamo variare la temperatura del filamento, lasciando fissa la tensione di placca.

Constateremo che le curve della corrente di placca partono da una stessa tensione di

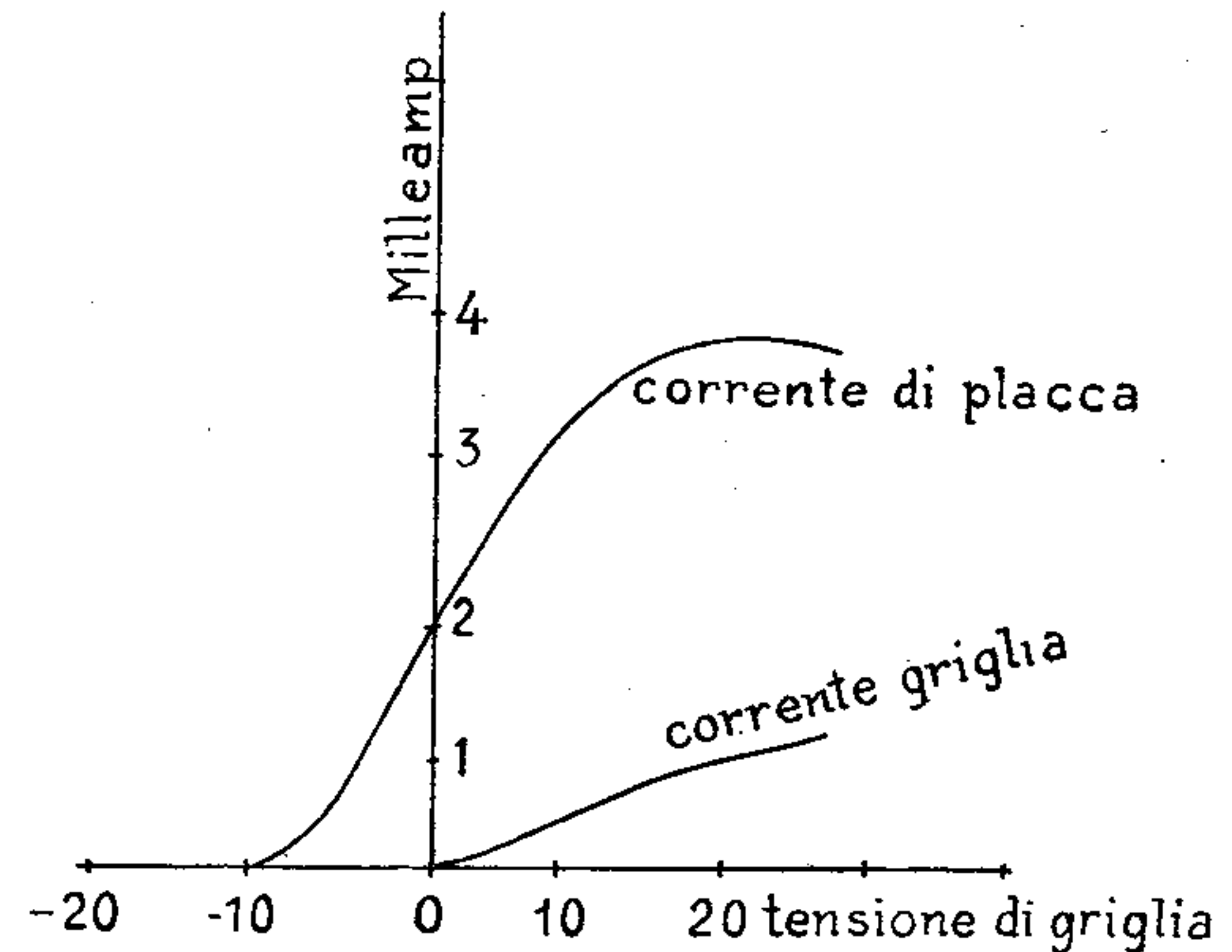



Fig. 43.

griglia, e saranno tanto più elevate quanto più è grande la corrente del filamento, ciò che si ottiene variandone il potenziale agli estremi. Queste curve più elevate indicano che la corrente di placca aumenta coll'emis-

sione di un maggior numero di elettroni. Tutte le curve partono da una stessa tensione di griglia, e ciò dipende solo dal campo elettrico e non dalla temperatura del filamento Otterremo le curve della figura 44.

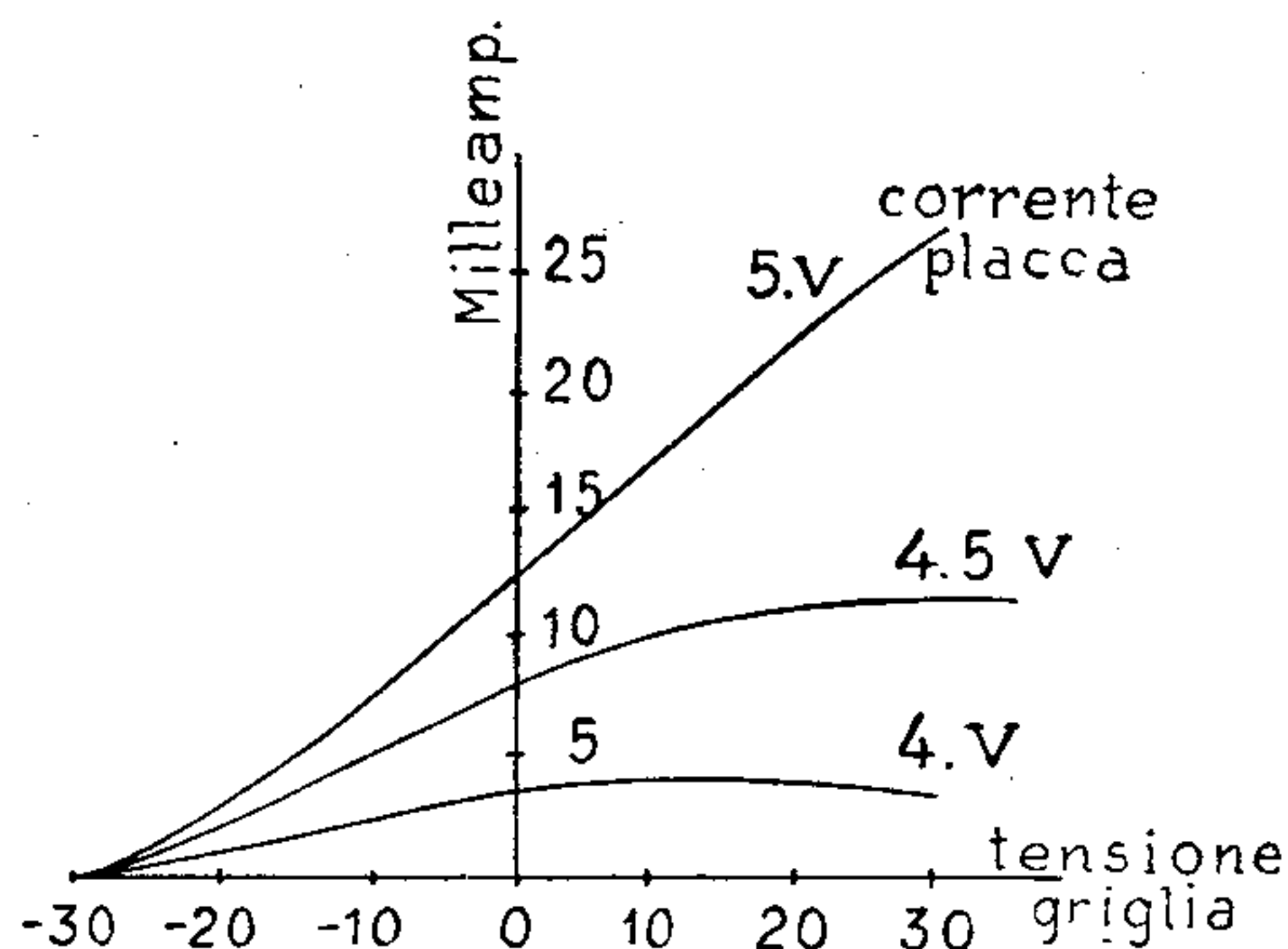



Fig. 44.

Se al contrario si mantiene costante la temperatura del filamento e si varia la tensione di placca, otterremo delle curve rappresentate in fig. 45 sensibilmente parallele nelle parti rettilinee. Le curve superiori che tendono a riunirsi indicano che l'intensità

della corrente di placca varia di poco; ciò è dovuto al fatto che un filamento emette per unità di tempo un determinato numero di elettroni.

La placca, per un potenziale sufficiente-

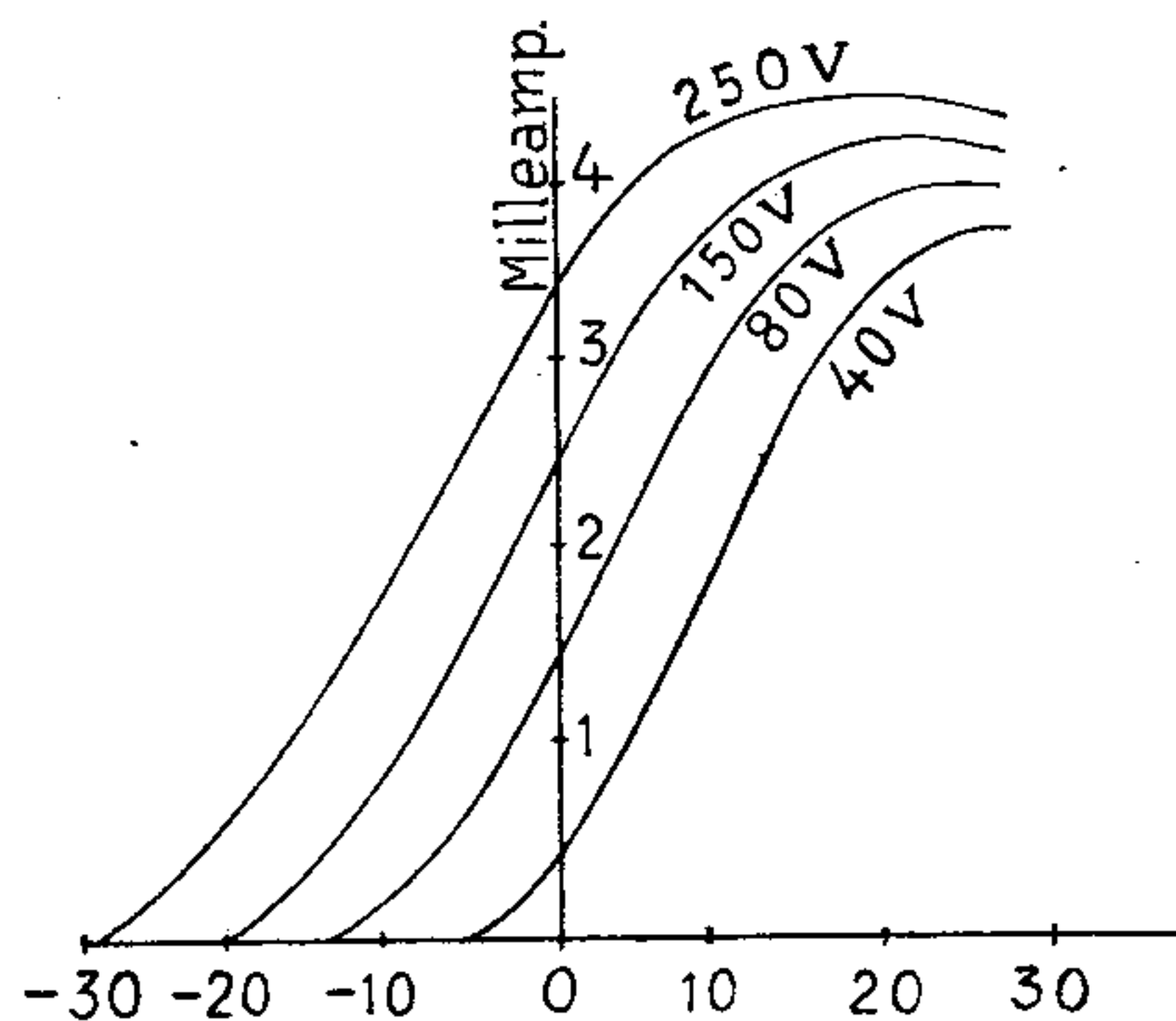



Fig. 45.

mente elevato attirerà gli elettroni emessi dal filamento, ed un accrescimento della tensione di placca, non apporterà nessun aumento di corrente.

La corrente di saturazione indicata dalle curve superiori, è raggiunta per una tempe-

ratura ed una tensione di placca date, quando il potenziale di griglia permette il passaggio di tutti gli elettroni che la placca può attirare (condizione di massima corrente di placca).

La tensione di placca che produce la saturazione, sarà tanto più elevata, quanto più elevata sarà la temperatura del filamento.

Tutte queste curve, dipendono dalle caratteristiche fisiche della valvola e dal grado di vuoto che in essa si è fatto. Però, in generale, tutte le valvole hanno curve assai rassomiglianti.

Si potrebbero poi considerare altre tensioni di griglia e di placca, ciò che porterebbe a funzionamenti della valvola che a noi non interessano. Praticamente, nelle valvole comuni, la corrente di placca per tensioni sino a 80 volts è dell'ordine del milliampère e quello di griglia del microampère.

Alcuni tipi di triodi.

Il più conosciuto, è il tipo francese. Nell'ampolla, del diametro di cm. 5 ½, è con-

tenuto un cilindretto di alluminio o nikel, avente come asse un filo di tantalio o tungsteno.

Sul detto filamento, è avvolto, ma non in

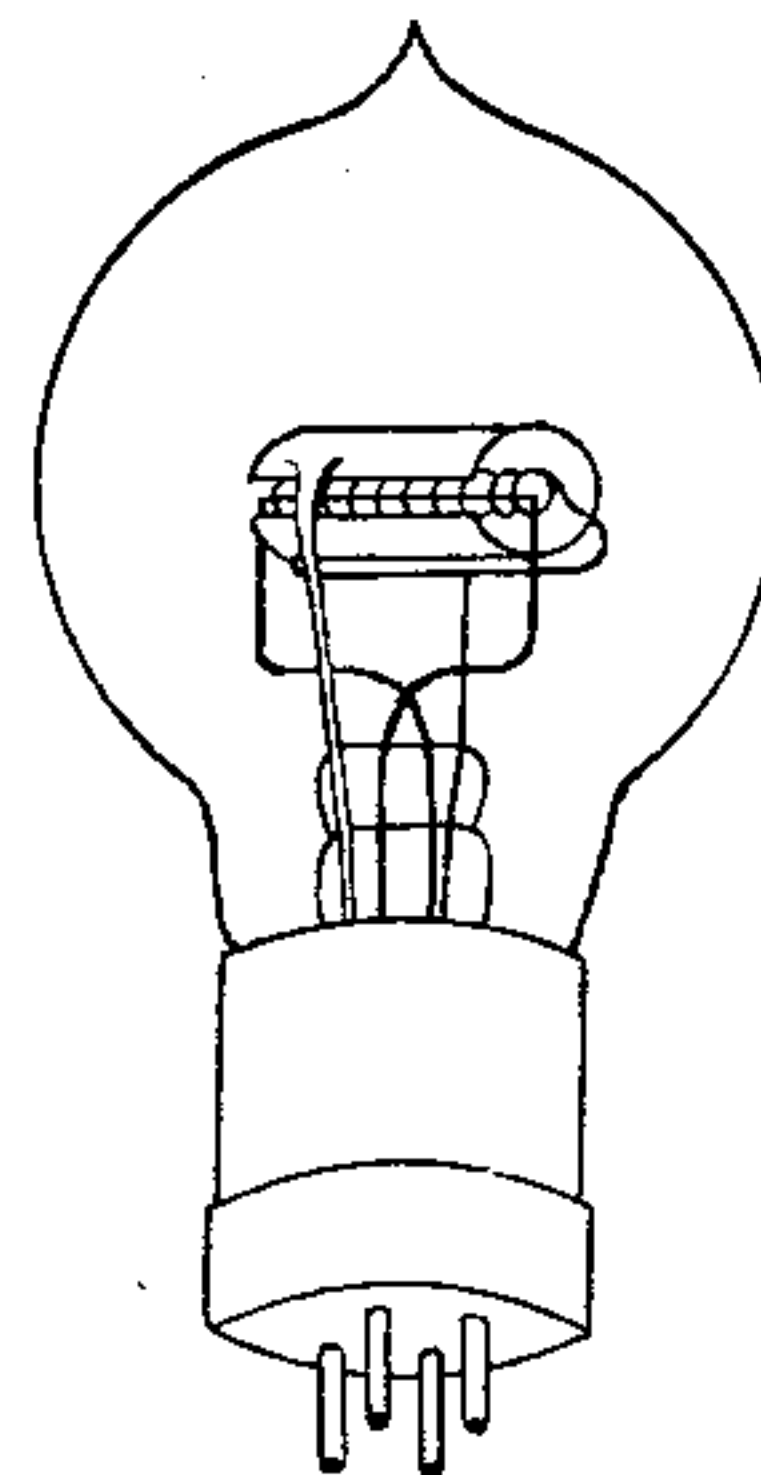



Fig. 46.

contatto ed a spire non serrate, un filo di nikel che fa da griglia. Ciò lo si può vedere in fig. 46.

Le connessioni dei vari elementi con l'esterno, sono ottenute mediante 4 spine isolate fra di loro. Le spine non sono disposte simmetrica-

mente e ciò per impedire errore nel mettere una valvola nei supporti adatti.

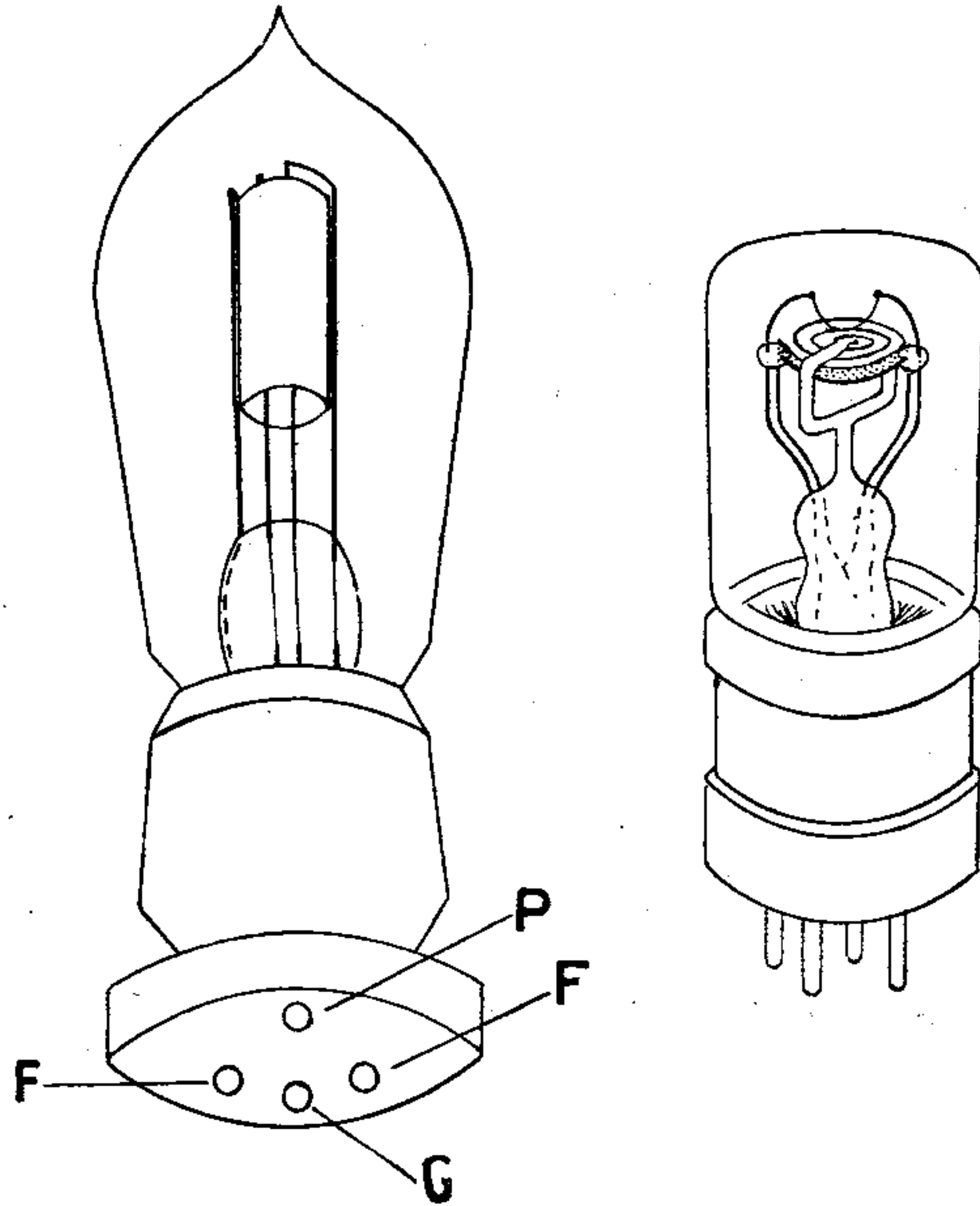



Fig. 47.

In altri tipi, per diminuire la capacità fra

griglia-placca e filamento, le connessioni della

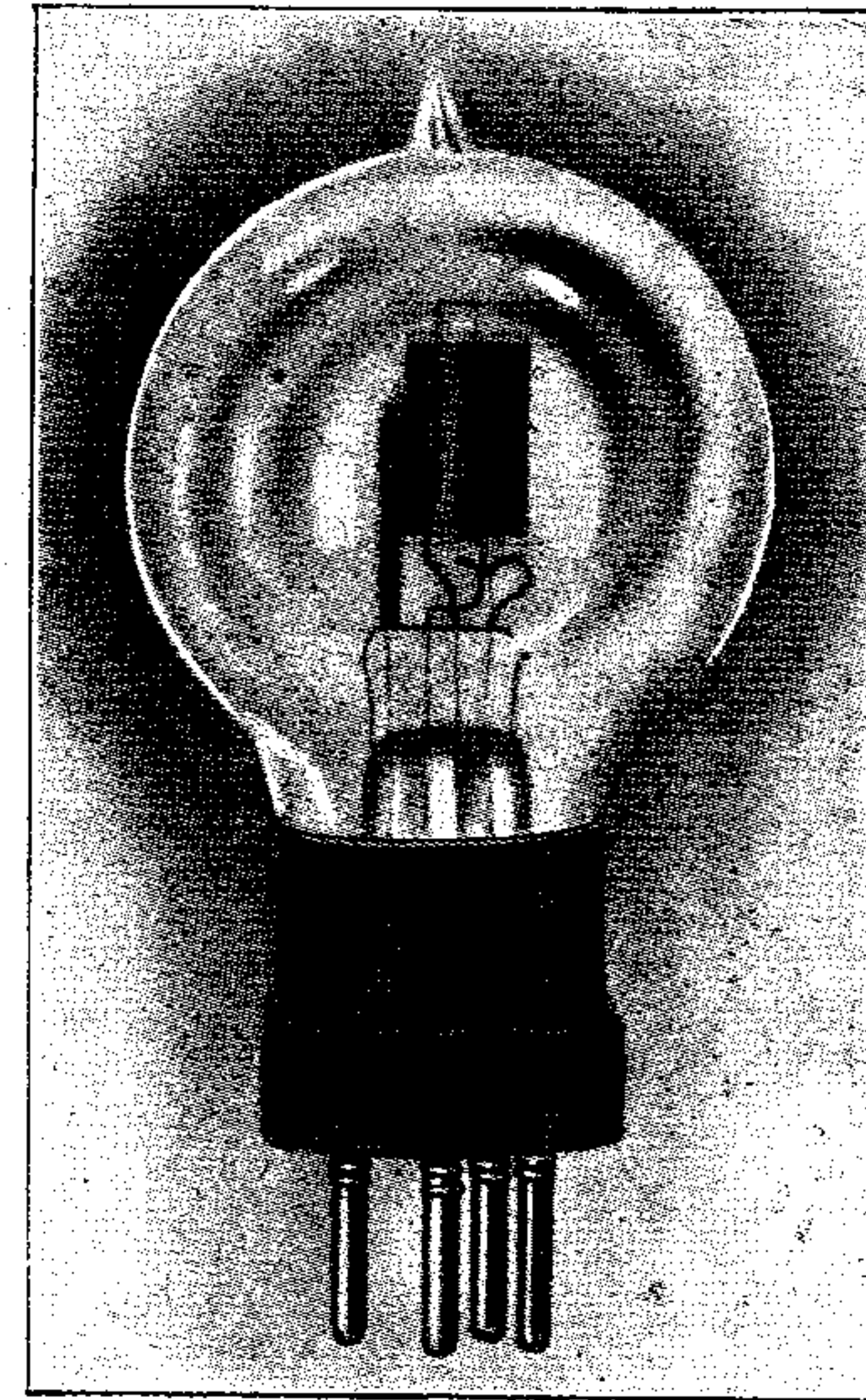



Fig. 48.

griglia e della placca si fanno per mezzo di due bulbi sull'ampolla. Queste lampade sono dette *a corna*.

Invece di avere il cilindro della placca orizzontale, ci sono dei tipi che hanno il cilindretto, la griglia e il filamento, verticali (ita-

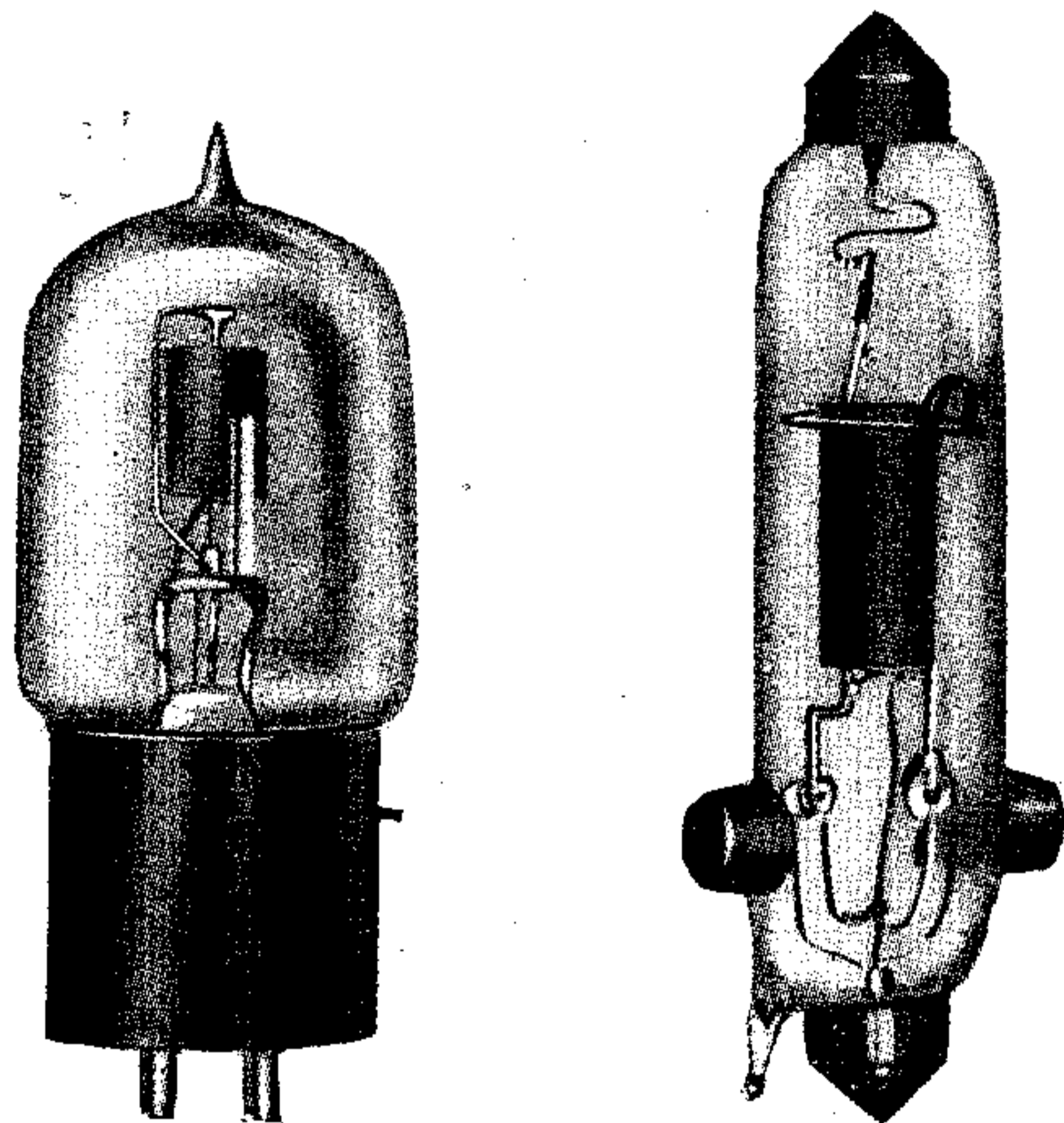



Fig. 48 *bis*.

liane, inglesi, americane e tedesche, fig. 47, 48 e 48 *bis*).

Le americane hanno talvolta il filamento rivestito di ossido di bario che ne aumenta

le proprietà di emettere gli elettroni. La griglia, specialmente nelle valvole di trasmissione, invece di essere un filo avvolto a spirale, è talvolta formato da un cilindro di rete metallica.

In valvole, usate specialmente come detector, molti costruttori introducono gas inerti (argon, vapori di mercurio), per aumentarne la sensibilità, dando alle caratteristiche delle curve acute.

Funzionamento in detector.

Abbiamo visto che il detector ha la funzione di permettere il passaggio della corrente in una determinata direzione.

La valvola a due elettrodi possiede questa proprietà, ed infatti applicando alla placca dei potenziali alternativamente positivi e negativi, ci sarà una corrente di placca solo quando la placca stessa è positiva. Le correnti saranno così raddrizzate. L'introduzione in un circuito ricevente di tali valvole sarà come in figura 49.

Però la sensibilità di tale detector non è molto elevata.

La valvola a 3 elettrodi permette una sensibilità molto superiore. L'effetto detector in un triodo si può ottenere in vari modi e parecchie sono le teorie a tale riguardo.

Noi descriveremo due sistemi di funziona-

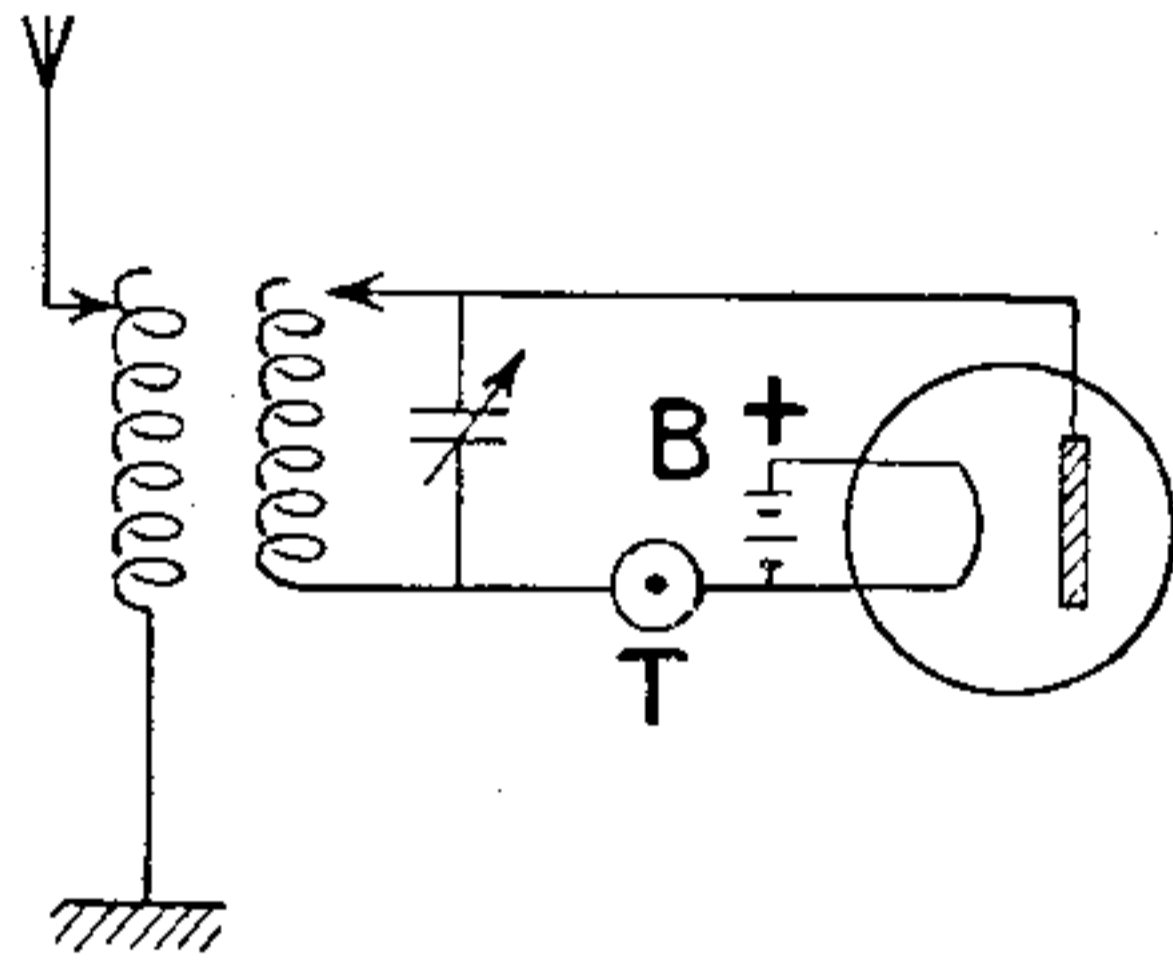



Fig. 49.

mento; l'uno, utilizzante le variazioni sulle caratteristiche di placca e l'altro su quelle di griglia.

1º In un circuito formato come in fig. 50 siano L' C i soliti elementi di un circuito oscillante accoppiato con l'antenna e la terra per mezzo di L; B una batteria per il filamento; B_1 una batteria per il circuito di placca;

B_2 una terza batteria di una decina di volts ai cui estremi è posto un potenziometro di 200 a 300 ohm di resistenza. Tale potenziometro ha lo scopo di variare in modo continuo il potenziale di griglia. Sia poi T il telefono.

Considerando la caratteristica del triodo, il cui filamento è normalmente acceso con

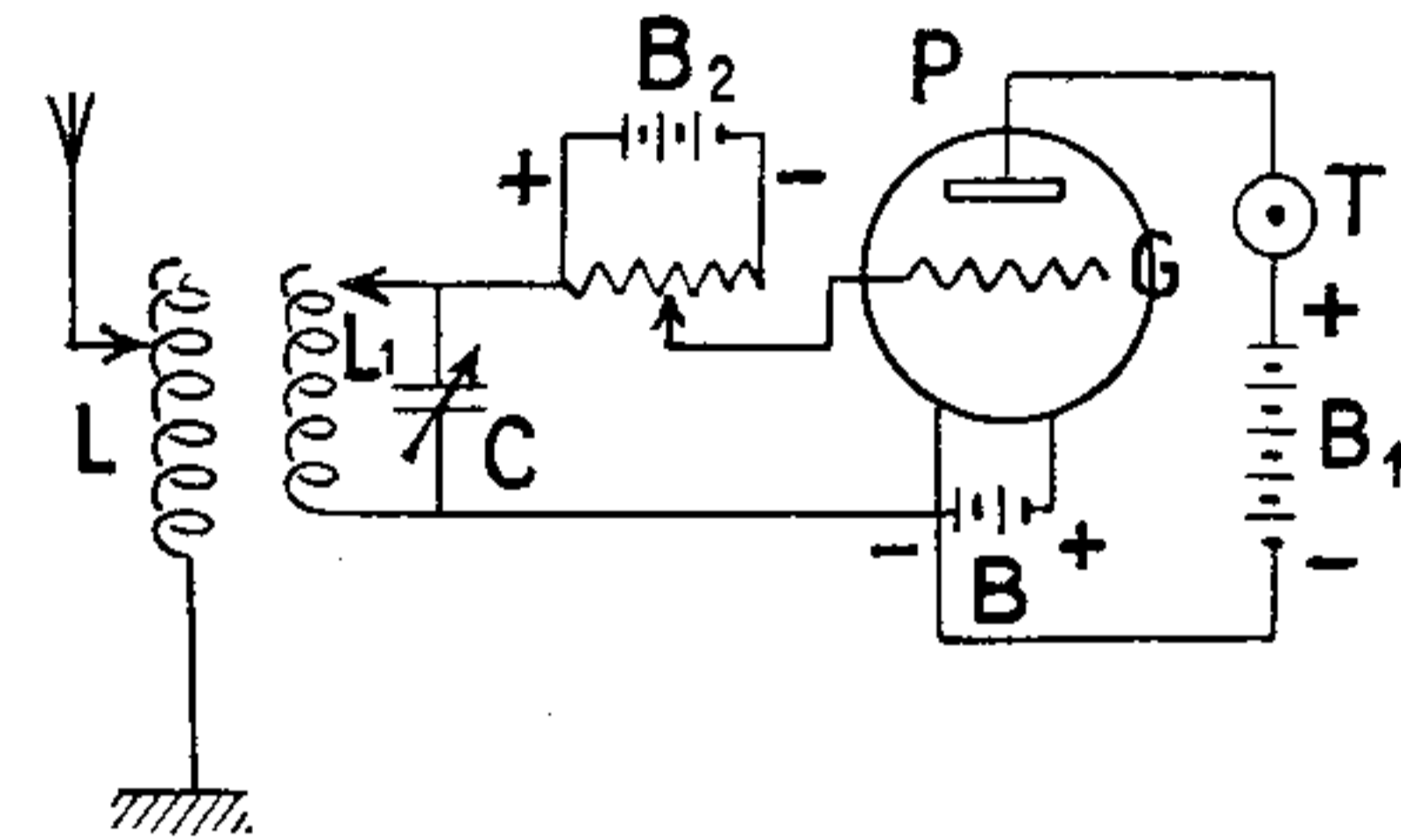



Fig. 50.

4 volts e la cui placca è portata a circa 80 volts, constateremo che per un potenziale negativo di griglia di 4 a 5 volts, la curva della corrente di placca presenta una forte curvatura.

Allorchè in un circuito come quello della figura il circuito L' C oscilla, agli estremi di tale circuito avremo una tensione alter-

nativa di alta frequenza che si aggiunge o si toglie al potenziale base della griglia che avevamo regolato col potenziometro in modo da trovarci nelle condizioni dette precedentemente (punto di grande curvatura della caratteristica di placca). Possiamo così vedere

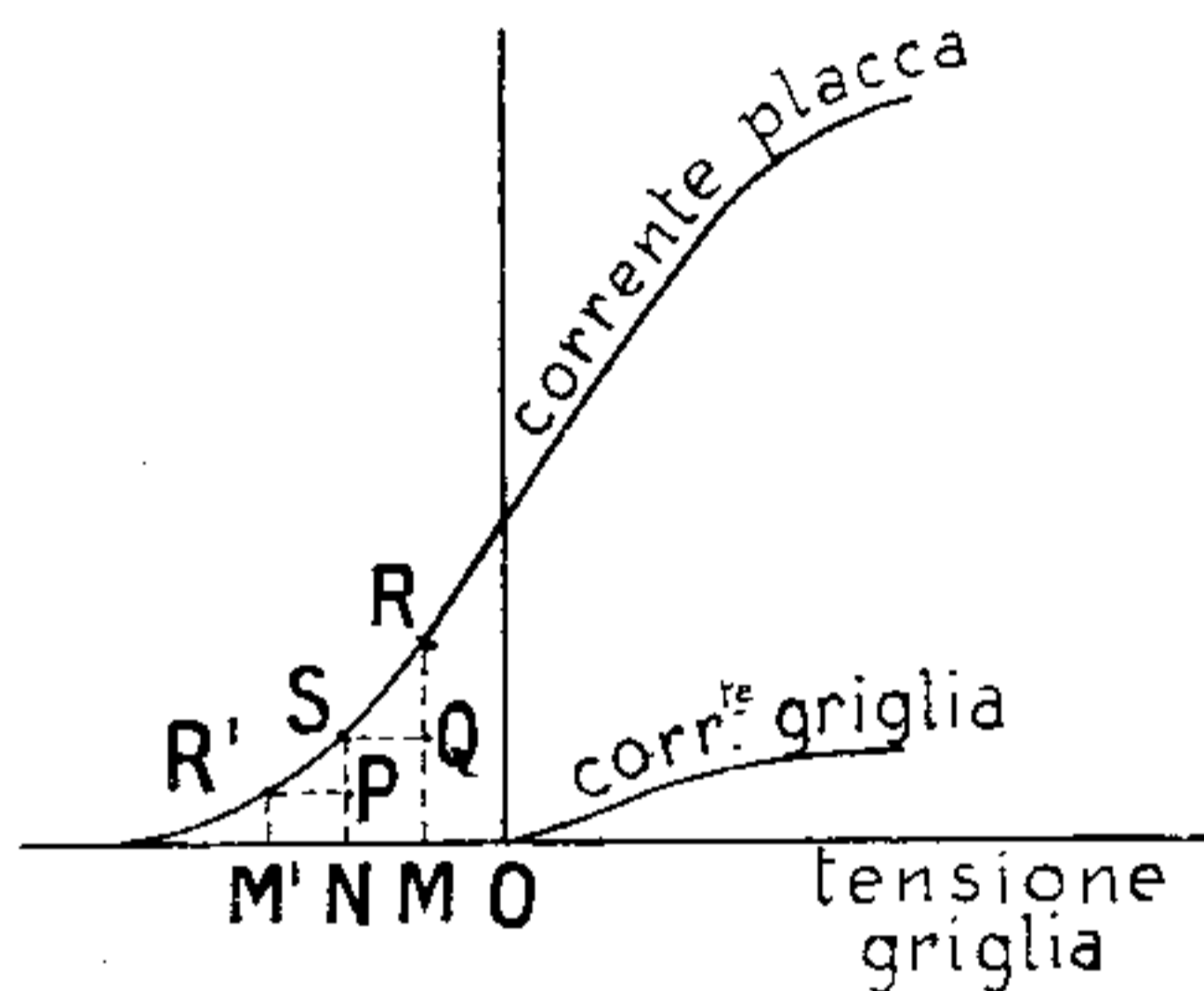



Fig. 51.

che se la griglia assume potenziali i cui valori variano fra i limiti M e M' (fig. 51) a tali valori corrispondono due differenti valori della corrente di placca e precisamente al punto M corrisponde un aumento maggiore rispetto al punto base N che non la diminuzione corrispondente al punto M' $(Q\,R > P\,S)$.

Nel circuito di placca si avrà allora come effetto medio un aumento di corrente che, come abbiamo visto, è la condizione necessaria per far funzionare il telefono. Con questo sistema di funzionamento del triodo, è bene rimarcare come per il detto punto base N di funzionamento, la corrente filamento-griglia sia nulla o per lo meno molto piccola, cosicchè la resistenza del circuito filamento-griglia è quasi infinita.

Il circuito oscillante $L'\,C$ risulta allora poco smorzato, permettendo così una buona sintonia. Si potrebbe invece della curvatura inferiore, utilizzare quella superiore della curva di placca; in tal caso si avrebbe però un rendimento minore che nel precedente, poichè la resistenza del circuito filamento-griglia, non sarebbe più grandissima, e quindi assorbirebbe dell'energia dal circuito oscillante che in tal caso sarebbe più smorzato.

2° Il circuito precedente è usato raramente per la complicazione dovuta alla batteria B_2 ed al potenziometro, ed anche come risultato, gli si preferisce il circuito della fig. 52

dove la batteria B_2 ed il potenziometro sono sostituiti da un condensatore C_1 di 0,00005 M fd, cioè di piccolissima capacità, shuntato da una grande resistenza r di 2 a 4 milioni di ohms. Però in questo caso il circuito oscillante non è più fra il — 4 della batteria B e la griglia, ma fra il + 4 e la griglia. Avremo così le curve

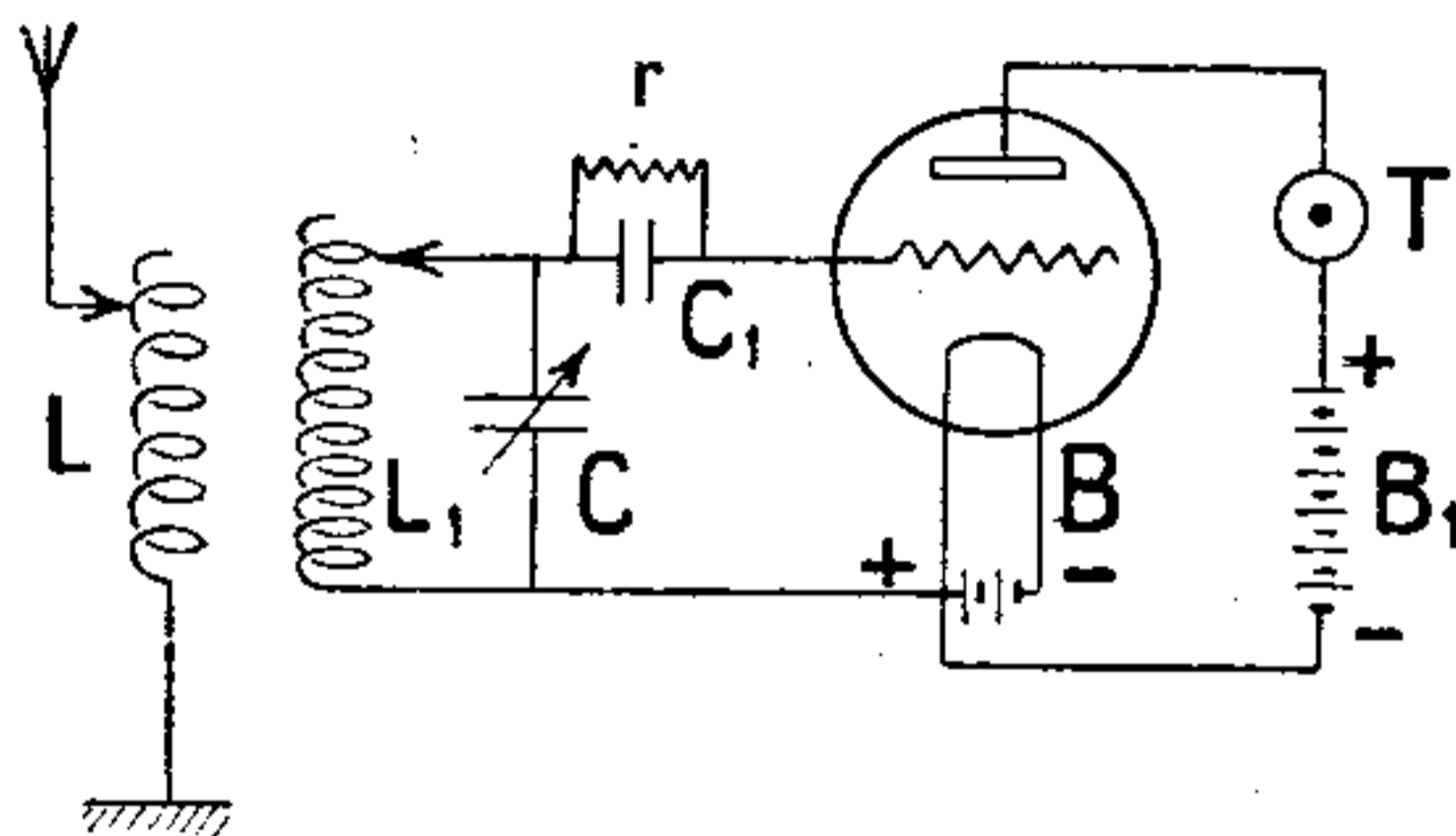



Fig. 52.

caratteristiche della fig. 53 ed in questo caso utilizzeremo per l'effetto detector la curvatura della caratteristica di griglia, invece di quella di placca.

Se non ci fosse la resistenza r, il potenziale di griglia sarebbe quello del positivo della batteria B, ed il punto corrispondente di funzionamento sarebbe tale che non da-

rebbe alcun effetto detector. Ma la resistenza r modifica il potenziale di griglia rispetto al filamento; per il fatto che si ha corrente di griglia, agli estremi di r si avrà una caduta di tensione che è data da $r\,i$, dove r è il

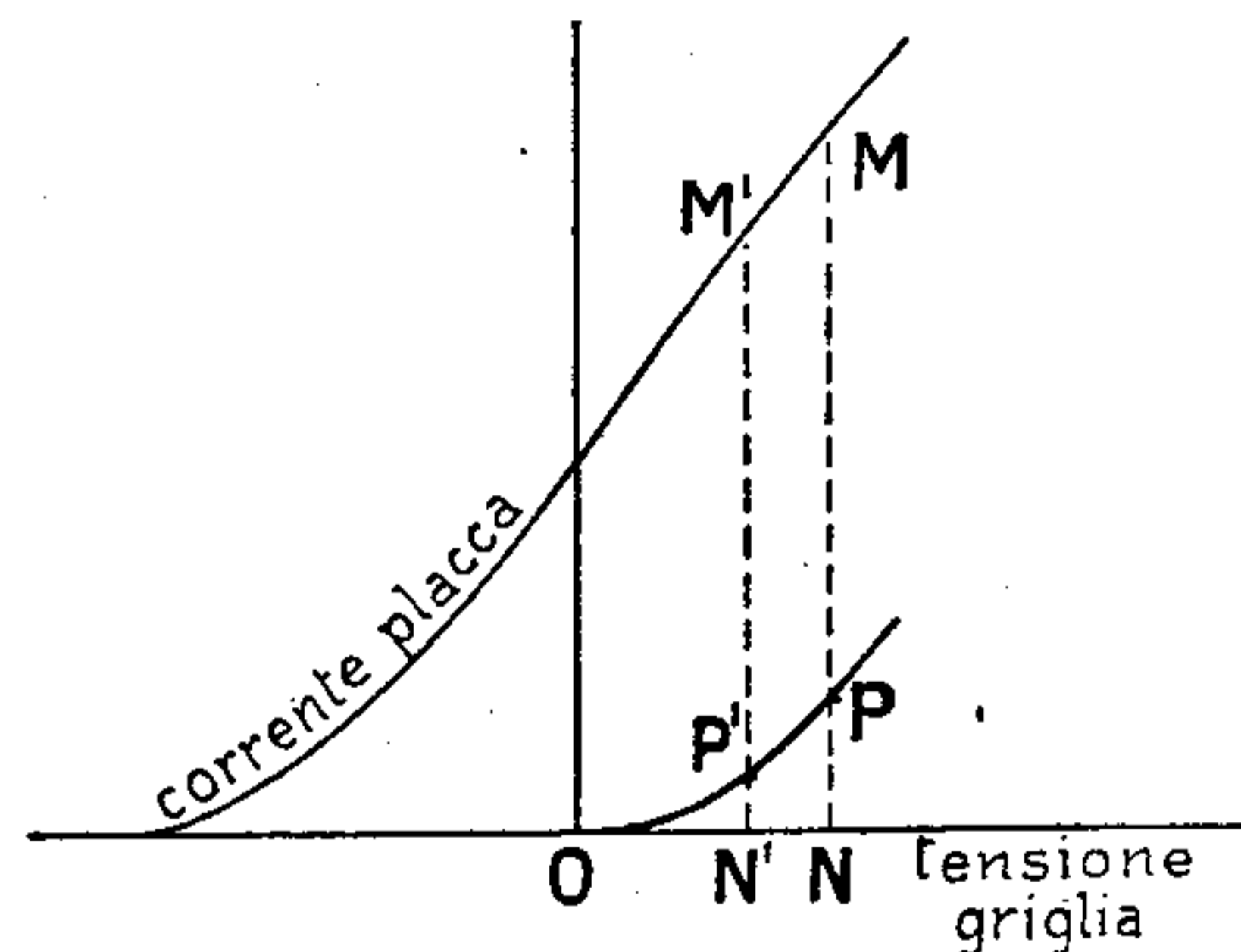



Fig. 53.

valore in ohms della resistenza (2 a 4 milioni) ed i è il valore in ampères dell'intensità della corrente filamento-griglia.

Tale caduta di tensione diminuisce quindi il potenziale che dovrebbe assumere la griglia e lo porta ad un valore N di poco superiore a quello del polo negativo del filamento. La

corrente filamento-griglia è allora piccolissima, e la corrente di placca è quella che si ha nel corrispondente punto M.

Vediamo ora come si produce l'effetto detector in un tale circuito.

Come precedentemente, allorchè $L' C$ oscilla si ha alle estremità una tensione alternativa di alta frequenza.

Le alternanze sono trasmesse alla griglia per mezzo del condensatore C' e ne fanno quindi oscillare il potenziale intorno al punto N. Però, la caratteristica di griglia presenta una curvatura, cosicchè l'intensità della corrente di griglia, avrà degli aumenti dovuti alle alternanze positive.

Il valore medio della corrente di griglia è allora aumentato; ma ciò porta una caduta di tensione più grande agli estremi di r (poichè essendo r costante ed i aumentata, sarà pure aumentato il prodotto $r\,i$), e di conseguenza una diminuzione del potenziale di griglia, che diverrà N'.

Una tale variazione ne produce una all'incirca proporzionale nel circuito di placca.

Si avrà allora una diminuzione della corrente di placca e quindi nel telefono allorchè $L' C$ oscilla: si avrà cioè l'effetto detector.

Il vantaggio di utilizzare triodi invece dei detector a cristalli od altri, è dovuto al fatto che la sensibilità è óttima e non necessita un continuo regolaggio e la ricerca di punti sensibili. Di più, le scariche atmosferiche e gli altri effetti perturbatori che obbligano a cercare nuovi punti sensibili dei cristalli, non hanno un effetto durevole sul triodo. Si è visto poi anche il vantaggio dovuto al minor smorzamento che si ha col loro impiego nei circuiti oscillanti che non con altri detector. Prossimamente, vedremo come altre proprietà del triodo permettano una maggiore sensibilità.

Funzionamento in amplificazione

Nella caratteristica di un triodo abbiamo visto come delle piccole variazioni del potenziale di griglia provochino delle grandi variazioni della corrente di placca fornita dalle

batterie di placca. Il triodo è dunque un relais molto sensibile e non avente inerzia, poichè non vi è nessun organo meccanico in movimento. È cioè capace di seguire le variazioni delle elevate frequenze delle oscillazioni radiotelegrafiche, e quindi a maggior ragione quelle delle frequenze minori.

Perchè il triodo funzioni in modo soddisfacente è necessario che le variazioni della corrente di placca siano proporzionali alle variazioni del potenziale di griglia. Sarà quindi necessario scegliere un punto base sulla parte rettilinea della curva caratteristica del triodo. Si comprende poi come, con speciali apparecchi, delle variazioni delle correnti di placca di un triodo, possano agire sulla griglia di un secondo triodo, e così via, ottenendo in tal modo delle grandi amplificazioni.

È bene distinguere fin d'ora le frequenze utilizzate in:

frequenze radiotelegrafiche o radiofrequenze (alta frequenza);

frequenze udibili od audio-frequenze (bassa frequenza);

frequenze molto basse, inferiori all'udibile.

Le frequenze radio sono quelle superiori ai 10000 periodi.

Le frequenze audio-pratiche sono quelle comprese fra i 130 ed i 2500 periodi circa.

Le frequenze molto basse sono quelle di manipolazione dei segnali morse e simili.

Per ogni frequenza esistono vari circuiti che passiamo ad esaminare.

Amplificatori per alta frequenza.

Lo schema è dato dalla fig. 54 ed è simile a quello del montaggio in detector. Naturalmente, in questo caso si utilizzerà un potenziale di griglia-base differente. Dalla curva

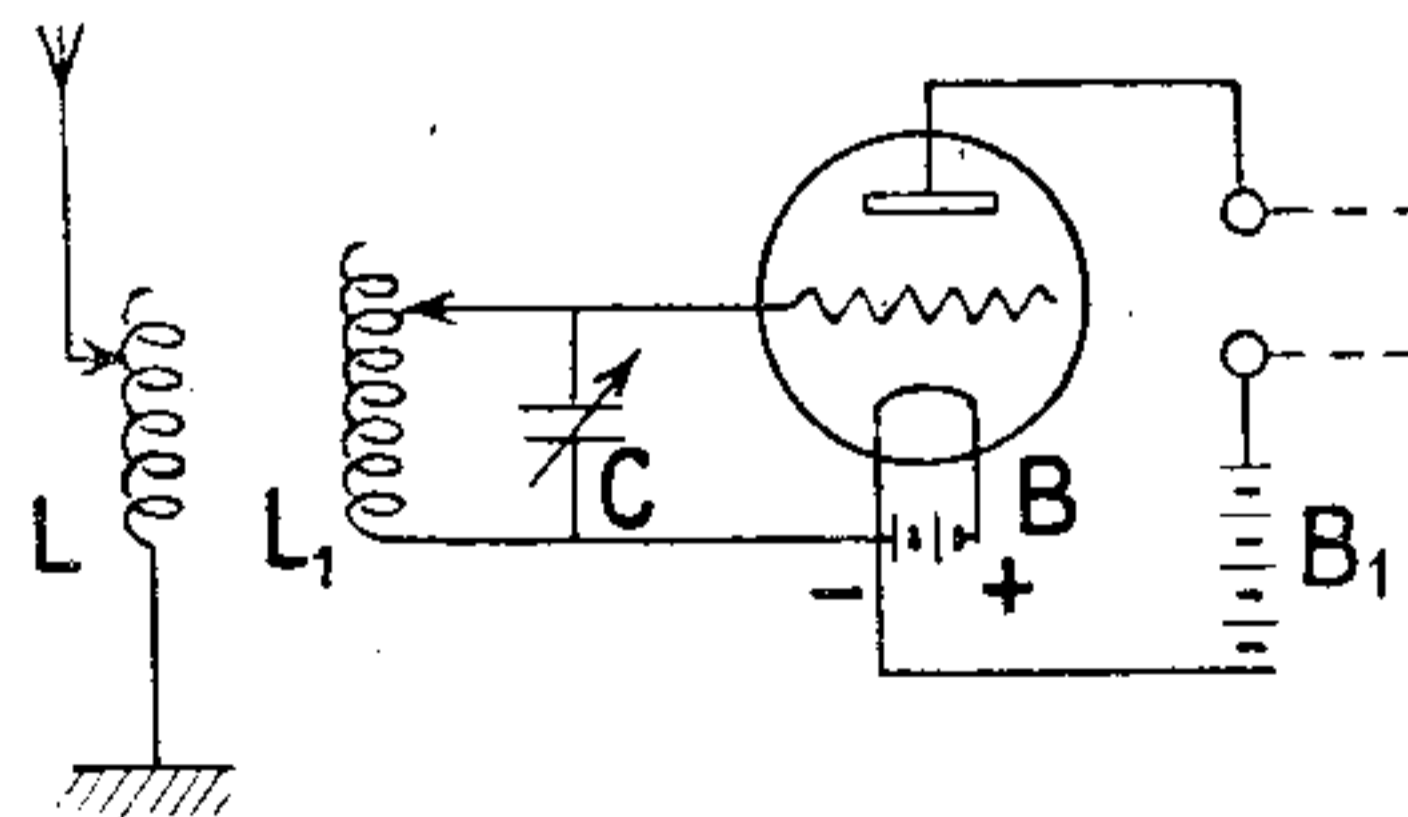



Fig. 54.

caratteristica si vede che uno dei punti migliori della caratteristica stessa è quello ottenuto collegando la griglia al negativo della batteria di filamento. Ciò, come si è detto, per poter avere un funzionamento corrispondente ad un punto della parte ascendente rettilinea della curva di placca. Il funzionamento di un tale montaggio è il seguente:

Le oscillazioni del circuito $L_1 C$ fanno pure oscillare il potenziale di griglia; si avranno allora delle variazioni della corrente di placca che saranno della stessa forma e della stessa frequenza, e che saranno di grande ampiezza. Le oscillazioni possono essere rettificate da un detector a galena o da un secondo triodo. Possiamo però, prima di rettificare, porre altri triodi amplificatori ad alta frequenza nel modo seguente:

Nel circuito di placca del primo triodo, intercaleremo il primario di uno speciale trasformatore senza nucleo di ferro (ciò perchè con le correnti ad altissima frequenza si avrebbero grandi perdite); il secondario lo collegheremo alla griglia ed al filamento di un secondo triodo, e così via come in fig. 55.

Non è però conveniente superare il numero di tre o quattro triodi in amplificazione ad alta frequenza, ed è eccezionale il numero di sei.

Si comprende poi come, accordando sia il primario che il secondario di tali trasforma-

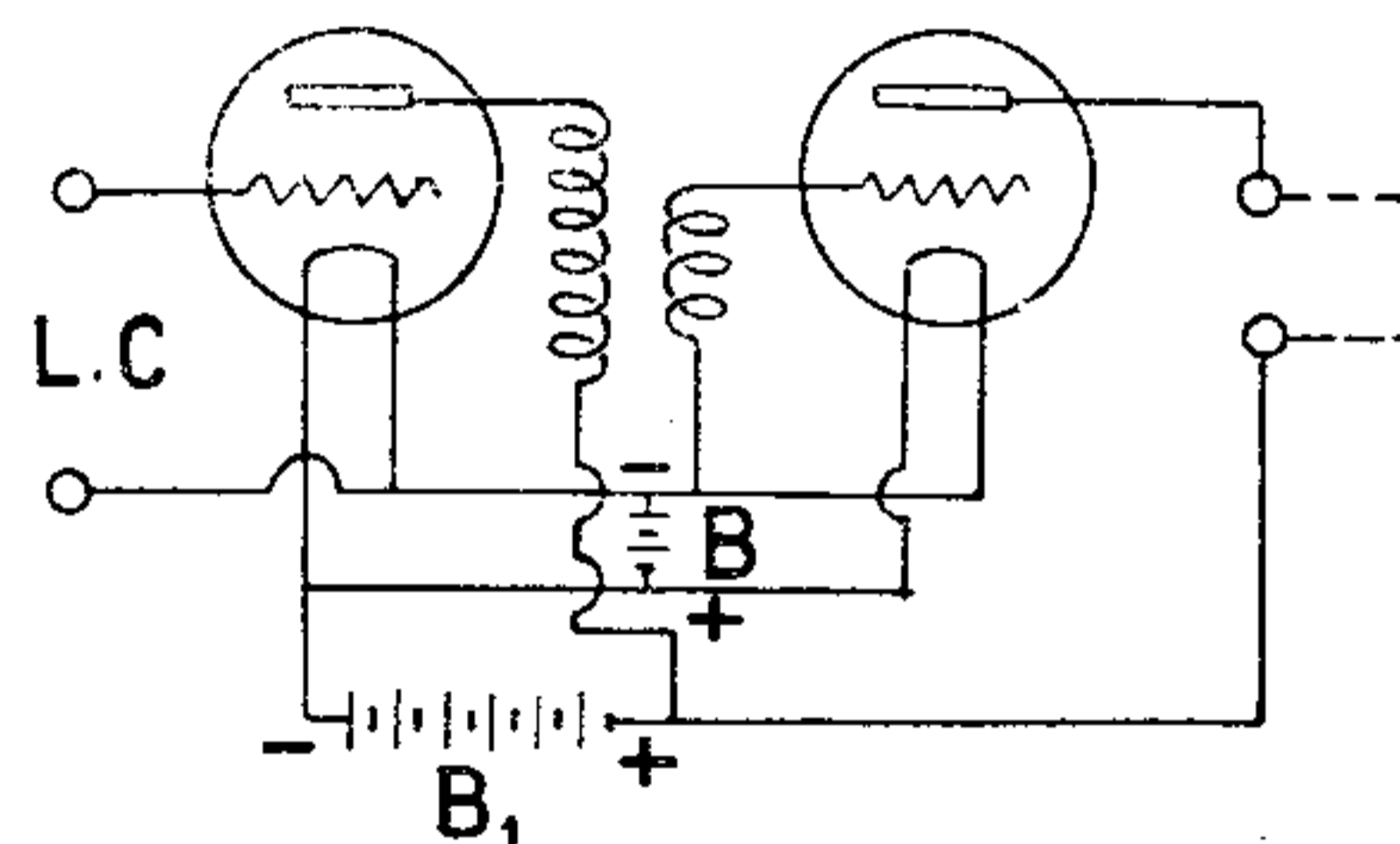



Fig. 55.

tori, colla frequenza che si deve ricevere, e ciò mediante opportune capacità, mettendo cioè in risonanza i circuiti, si possano ottenere effetti molto superiori ai precedenti, ed una selettività veramente grande. Tale montaggio ha però l'inconveniente di esigere molta pratica da parte dell'operatore. Invece di un trasformatore nel circuito di placca, pos-

siamo utilizzare un solo circuito oscillante accordato. Lo schema è allora quello della fig. 56 dove C_1 sono capacità che non permettono alla tensione di placca di passare sulla griglia e R delle resistenze elevate di

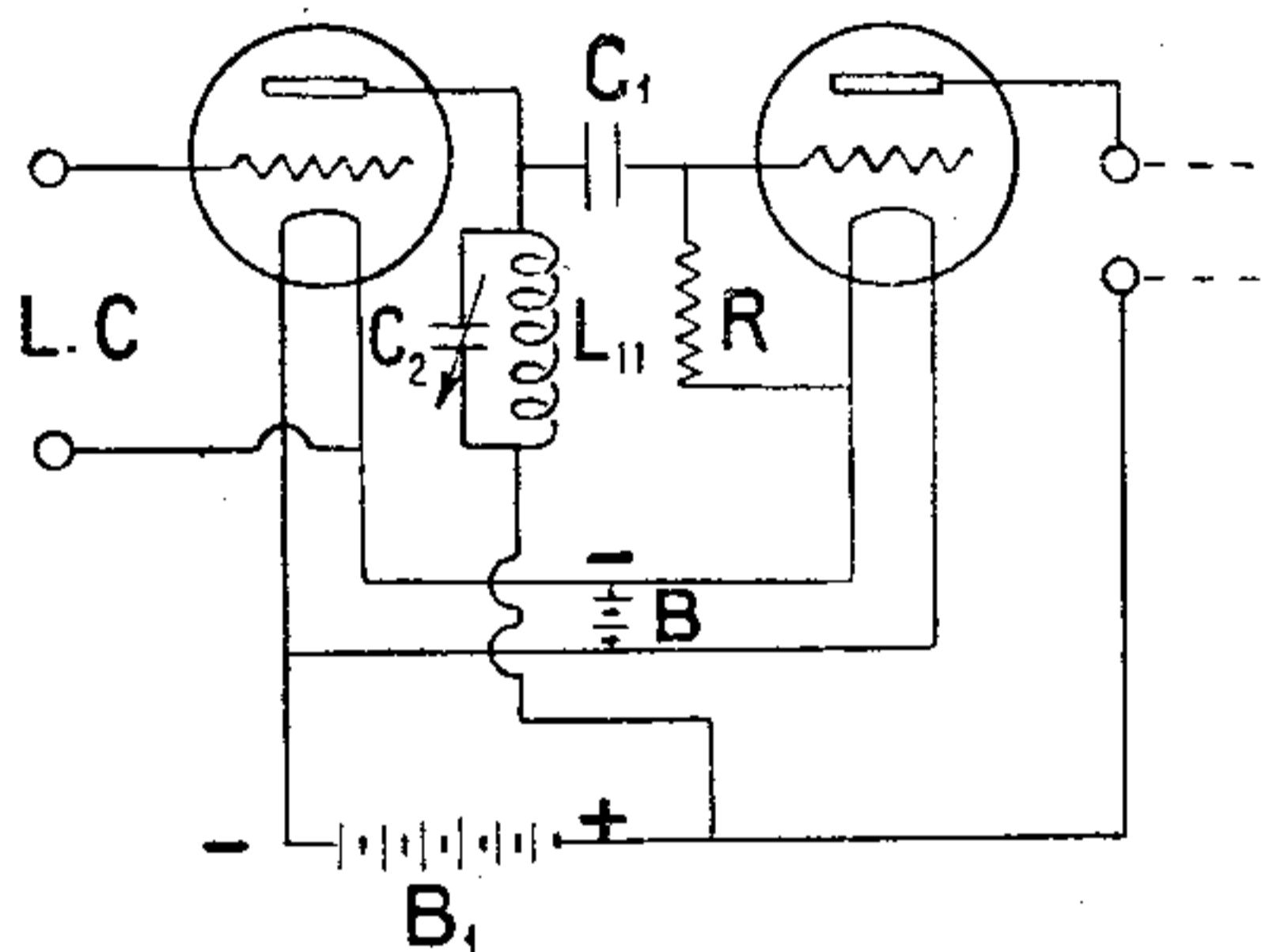



Fig. 56.

4 milioni di ohms, che servono a mantenere la griglia ad un determinato potenziale.

C_2 è la capacità di accordo della self $L_{,,}$.

Il funzionamento di tali apparecchi è il seguente: le variazioni della corrente di placca nel circuito primario, nel caso dei trasformatori, producono delle variazioni di tensione al secondario, variazioni che passeranno alla

griglia del secondo triodo. Tali variazioni ne provocheranno delle simili ma di maggior ampiezza nel circuito di placca di questo, e così via.

Nel secondo montaggio si utilizza la differenza di potenziale che si genera agli estremi del circuito oscillante $L_{,,}$ C_2 allorchè questo è in risonanza con $L_,$ C per passarla, attraverso la capacità C_1 alla griglia del triodo seguente.

Uno schema simile a questo, che però non necessita alcun accordo dei circuiti di placca nè di griglia, è quello in cui al posto del circuito oscillante $L_{,,}$ C_2 si pone una determinata resistenza R' (in generale 80000 ohms). Si utilizza allora la caduta di potenziale agli estremi di tale resistenza.

Lo schema è quello rappresentato dalla figura 57.

Nei due ultimi schemi, si vede come i triodi successivi al primo abbiano nel circuito della griglia, una piccola capacità C_2 ed una resistenza elevata R e cioè gli stessi elementi utilizzati per il funzionamento in detector.

Tale effetto si manifesta specialmente nell'ultimo triodo. Senza speciali precauzioni, questo ultimo tipo di amplificatore non per-

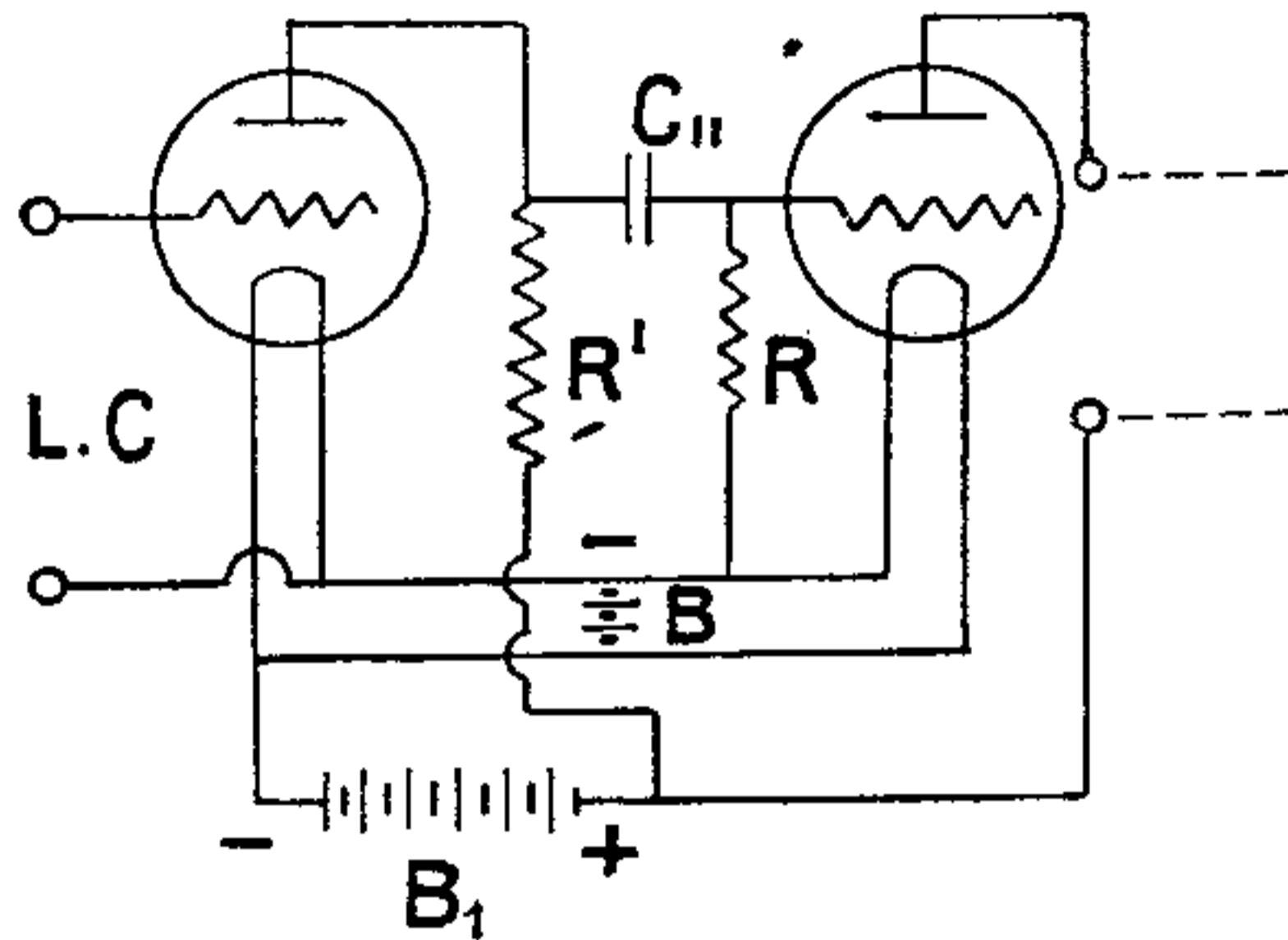



Fig. 57.

mette la buona amplificazione delle onde corte (200-500).

AMPLIFICATORI PER BASSE FREQUENZE.

Il principio sul quale si basa il funzionamento è ancora il medesimo dei tipi precedenti. Solo essendo qui diminuita la frequenza, è bene introdurre nei trasformatori un nucleo di ferro (fig. 58). Tale nucleo può essere a

circuito magnetico chiuso o aperto; è sempre però sezionato e cioè costituito da sottili lamierini o da fili di ferro dolcissimo.

Per ottenere dei buoni rendimenti, gli avvolgimenti primario e secondario dovrebbero

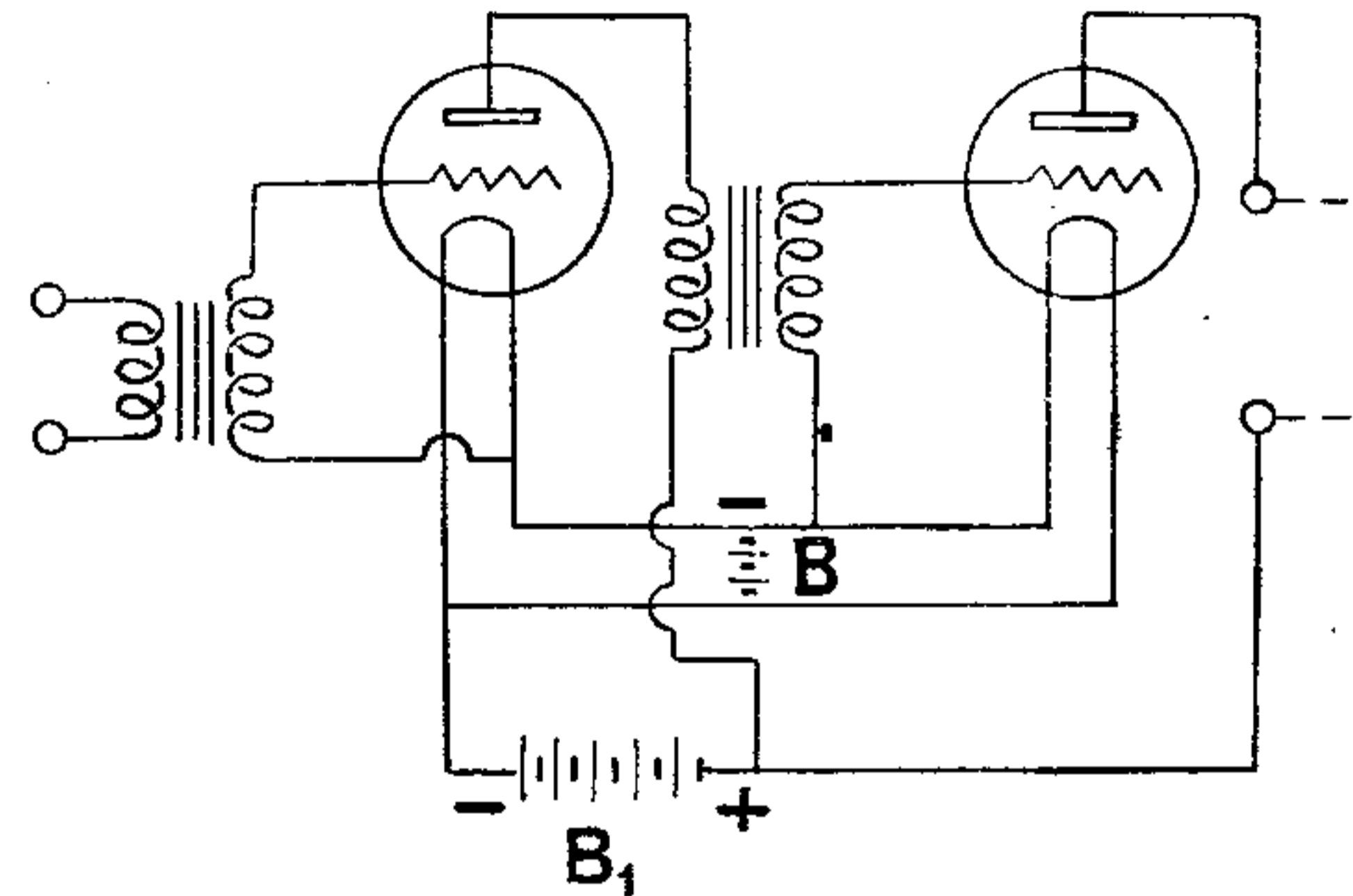



Fig. 58.

avere una resistenza apparente o impedenza dell'ordine di grandezza dei circuiti nei quali sono intercalati.

Il primario avrà perciò una resistenza apparente che varierà a seconda che è posto su un circuito telefonico, o dopo un detector a galena, o nel circuito di placca di un triodo;

il secondario, a seconda della resistenza interna fra griglia e filamento, che è di circa 100000 a 200000 Ω, avrà una resistenza ohmica corrispondente, che varierà da 3000 a 15000 e più ohms.

Il numero di spire, sia del primario come del secondario, si comprende come deve essere elevato: in generale il rapporto di trasformazione varia a seconda dei circuiti in cui è posto il trasformatore stesso ed è normalmente di 1-5 per il primo trasformatore, detto d'*entrata* e di 1-3 per gli altri, detti *intervalvolari*.

Come si è sostituito al trasformatore una semplice induttanza, negli amplificatori ad alta frequenza, anche qui al trasformatore per bassa frequenza potremo sostituire una induttanza con ferro. Il condensatore C_{11} di collegamento deve però avere una capacità maggiore che nel caso precedente, dovendo lasciar passare correnti di minore frequenza.

Con questi amplificatori è difficile porre più di 3 triodi l'un dopo l'altro, per le induzioni che si manifestano fra i trasformatori e che dànno luogo ad inconvenienti, come: fischi, diminuzione di sensibilità, ecc.

Negli ultimi tempi, si è cercato di far funzionare contemporaneamente lo stesso triodo, sia in alta frequenza, come in bassa frequenza. Tali montaggi non sono ancora di uso pratico per la loro difficile regolazione.

Amplificatori per frequenza molto bassa.

Questi amplificatori servono sopratutto a far funzionare degli apparecchi registratori. Essi ricevono una corrente di bassa frequenza (musicale), e la convertono, amplificandola in correnti aventi la frequenza di manipolazione dei segnali stessi. Essi sono generalmente del tipo a resistenze. Si comprende come le capacità debbano avere valori elevati (1 a 2 e più microfarad).

Impiego del triodo quale generatore di oscillazioni persistenti.

Sappiamo che le oscillazioni persistenti sono quelle la cui ampiezza è costante. Vedremo

fra breve i vantaggi di tali oscillazioni e come queste siano necessarie per fare della radiotelefonia. Sino a pochi anni or sono, mancava un generatore di tali oscillazioni che fosse veramente pratico anche per piccole potenze.

L'Armstrong, americano, ha trovato come

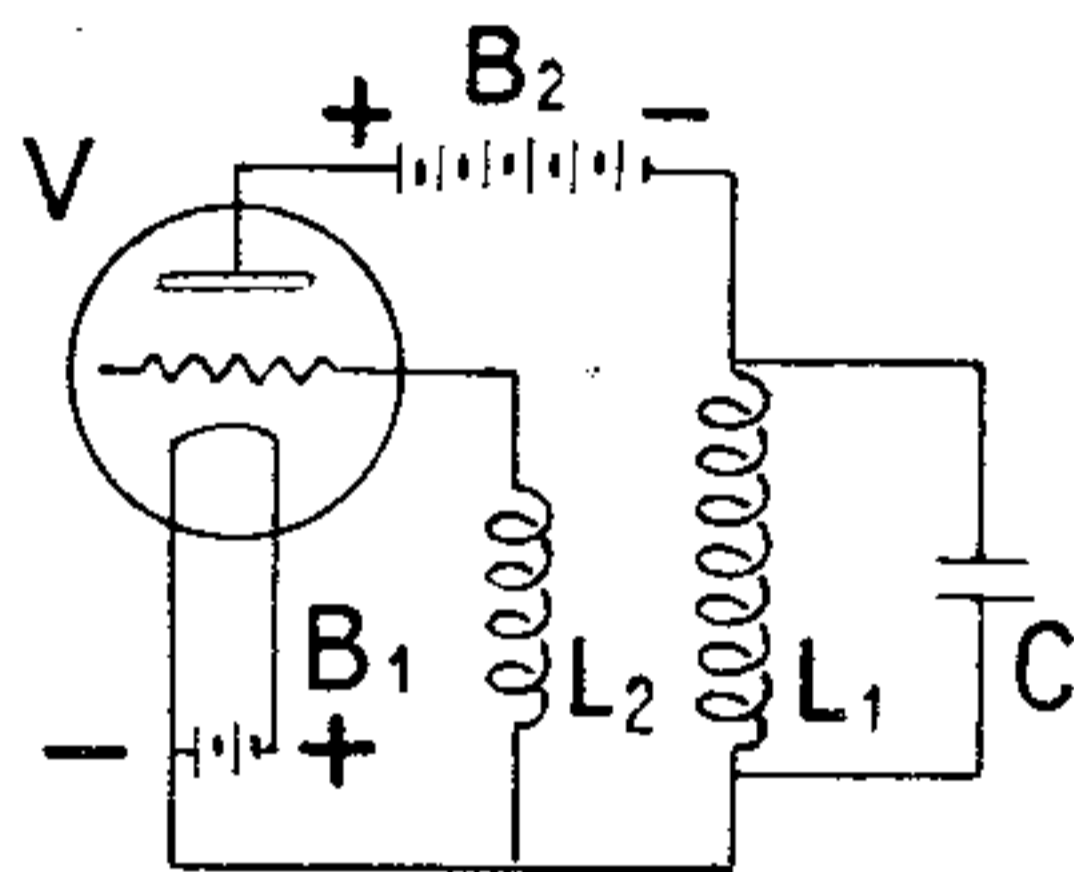



Fig. 59.

un triodo possa essere capace di generare le dette oscillazioni.

Consideriamo un circuito come quello in fig. 59, in cui L_1 ed L_2 sono due induttanze o self accoppiate induttivamente; C è un condensatore e V un triodo con relative batterie B_1 e B_2.

Allorchè accendiamo il filamento del triodo,

si avrà una corrente nel circuito di placca e quindi nella induttanza, ciò che genererà una differenza di potenziale che caricherà il condensatore. Il circuito $L_1 C$ è un circuito oscillante chiuso, e quindi si metterà a oscillare. Quasi nello stesso tempo però, per effetto dell'accoppiamento si produrrà nella bobina L_2 una forza elettromotrice che farà variare il potenziale di griglia. Se il potenziale base della griglia stessa è quello usato negli amplificatori (tale cioè che le variazioni della corrente di placca siano proporzionali alle variazioni della tensione di griglia) avremo che le oscillazioni della griglia faranno variare la corrente di placca; ma delle variazioni della corrente abbiamo visto come producano una carica di C. Si ripetono quindi i fenomeni anzidetti, e si comprende come si abbia un autofunzionamento del triodo.

La bobina di griglia L_2 deve avere però un determinato valore ed un adatto accoppiamento con L_1, per modo che le variazioni di potenziale di griglia abbiano una fase ed un'ampiezza convenienti.

L'energia che rende persistenti le oscillazioni, cioè quella che compensa le perdite, è presa dalla batteria di placca B_2. Se però questa fornisce al circuito oscillante una quantità di energia superiore a quella che si è dissipata, e ciò per un accoppiamento determinato di L_1 e L_2, le oscillazioni seguenti a quella iniziale, tendono ad aumentare di ampiezza. Ne risulta che le variazioni della corrente di placca e le variazioni del potenziale di griglia, che dipendono l'una dall'altra, aumentano e aumenterebbero indefinitamente se la caratteristica della corrente di placca non avesse la curva superiore corrispondente alla corrente di saturazione.

Infatti, un ulteriore aumento delle variazioni del potenziale di griglia, per detta parte della caratteristica, non porta un aumento di ampiezza delle variazioni della corrente di placca. Le oscillazioni allora rimangono tutte della stessa ampiezza e si ha un funzionamento stabile.

L'accoppiamento fra le due bobine L_1 ed L_2 è dunque importante. Anzitutto il flusso prodotto da una bobina percorsa da una corrente in un certo senso, deve produrre una corrente di senso contrario nell'altra; ciò non dipende che dal senso dell'avvolgimento delle bobine e dal loro collegamento. Di più: è necessario che l'accoppiamento stesso abbia un determinato valore, affinchè le oscillazioni si «inneschino», cioè comincino ad aver luogo; ed è per tale valore che l'ampiezza delle oscillazioni è massima. In questo caso però è sufficiente una piccola variazione delle costanti del circuito affinchè si abbia un disinnescamento, e cioè l'arrestarsi delle oscillazioni. È quindi conveniente avere un accoppiamento superiore a tale limite, per avere un funzionamento stabile.

È ovvio, che come abbiamo fatto per i circuiti smorzati, potremo sostituire al condensatore C del circuito oscillante il sistema antenna-terra ed irradiare delle onde persistenti.

In realtà, il funzionamento di un triodo quale generatore di oscillazioni, non è così semplice come potrebbe risultare dalle con-

siderazioni precedenti, ed ha dato luogo a diverse teorie molto ardue. Passiamo quindi ai vari circuiti impiegati allo scopo di ottenere il detto funzionamento, e ne descriveremo solo i principali.

Abbiamo visto che le condizioni di innescamento variano coll'accoppiamento dei circuiti di griglia e di placca. Questo accoppiamento si può fare:

1° Per induzione elettromagnetica.

2° Per capacità.

3° Per capacità e per induzione.

Il primo, non è che quello che abbiamo studiato fin'ora. È utile porre il circuito oscillante sulla griglia, specialmente per la ricezione, e ciò lo vedremo fra breve. Lo schema diventa allora simile a quello della fig. 60.

Il secondo metodo di accoppiamento è quello della fig. 61.

Le bobine di griglia e di placca sono generalmente parallele, ma non è necessario che vi sia accoppiamento, potendosi ottenere questo mediante un condensatore variabile C_1 posto fra la griglia e l'estremità superiore

della bobina di placca. Tale condensatore serve non soltanto quale accoppiamento, che

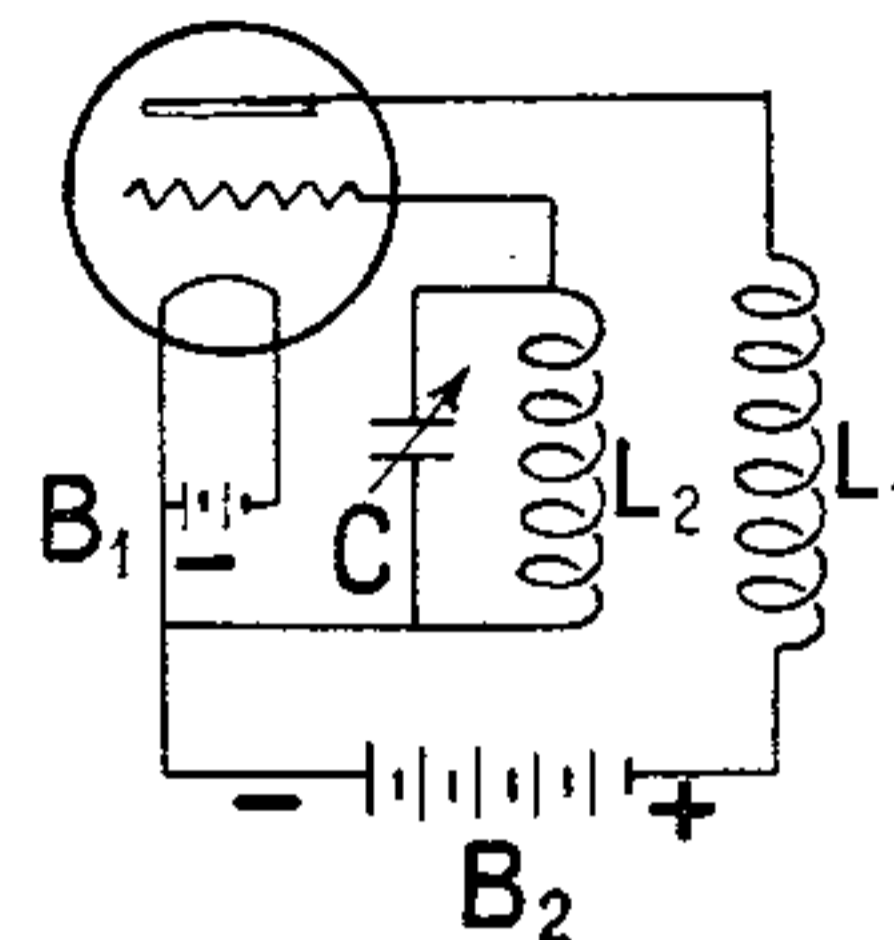



Fig. 60.

si può variare a seconda della capacità inse-

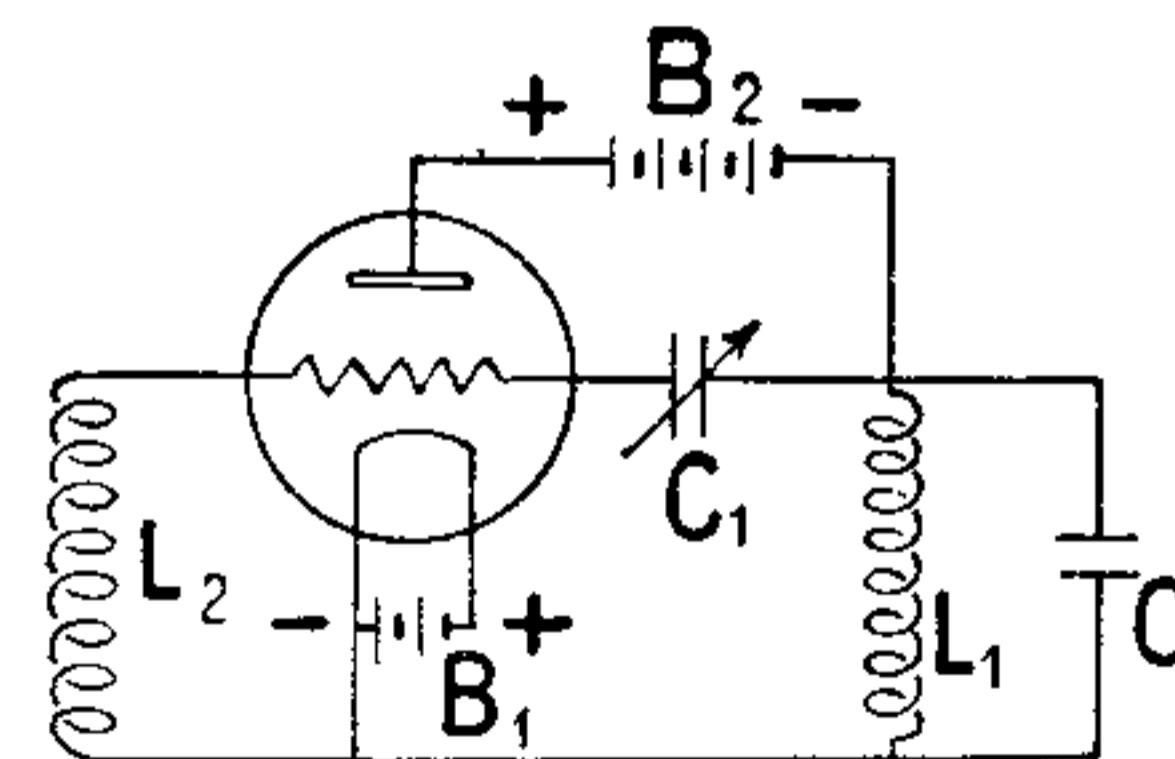



Fig. 61.

rita, ma anche a regolare il circuito di griglia sul circuito di placca.

Nel terzo modo di accoppiamento le due

bobine di griglia e di placca si confondono in una sola. Per una data bobina si ha un massimo d'intensità di corrente sull'antenna per una posizione conveniente del filo di ritorno al filamento dei due circuiti di griglia e di placca, sulla bobina stessa (fig. 62). Come

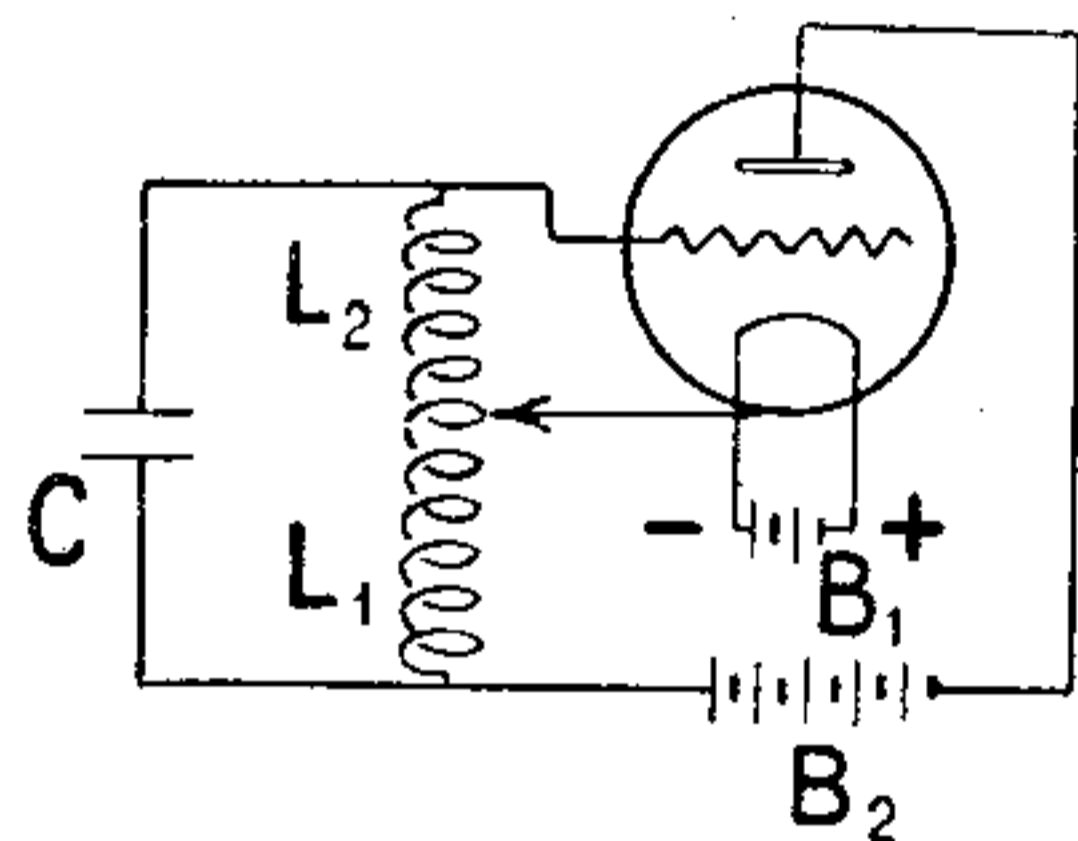



Fig. 62.

si è detto, l'accoppiamento è induttivo, poichè possiamo anche qui distinguere le bobine L_1 e L_2 ed è anche per capacità, essendo questa formata dall'antenna e dalla terra.

Considerazioni pratiche.

La manipolazione, nei posti a valvola, si fa interrompendo il circuito di placca, o quello

di griglia. Per grandi potenze si usa solo quest'ultimo metodo e qualche volta è usato quello di variare la lunghezza d'onda come per gli archi.

Generalmente con una sola valvola non è possibile sorpassare potenze superiori ad 1 o 2 kw. e solo recentemente gli americani sono riusciti a costruirne per potenze sino a 100 kw. ed oltre. Normalmente si utilizzano parecchi triodi in parallelo, cioè riunendo in parallelo i filamenti e congiungendo fra loro tutte le griglie e similmente le placche. L'intensità efficace della corrente sull'antenna però cresce solo colla radice quadrata del numero dei triodi impiegati, se questi sono eguali fra di loro.

Le regolazioni di un posto trasmettitore devono essere modificate di poco, allorchè si aggiungono dei triodi in parallelo.

Questi triodi per trasmissione, necessitano, per il loro funzionamento, di una tensione di placca che varia dai 300 ai 10000 volts per le grandi potenze. Si comprende quindi come sieno pure rilevanti le correnti di placca

e di griglia, e può capitare sovente che la griglia raggiunga una temperatura tanto elevata da portarla al color rosso. Per diminuire questa perdita di energia e aumentare la durata del triodo, si limita la corrente di

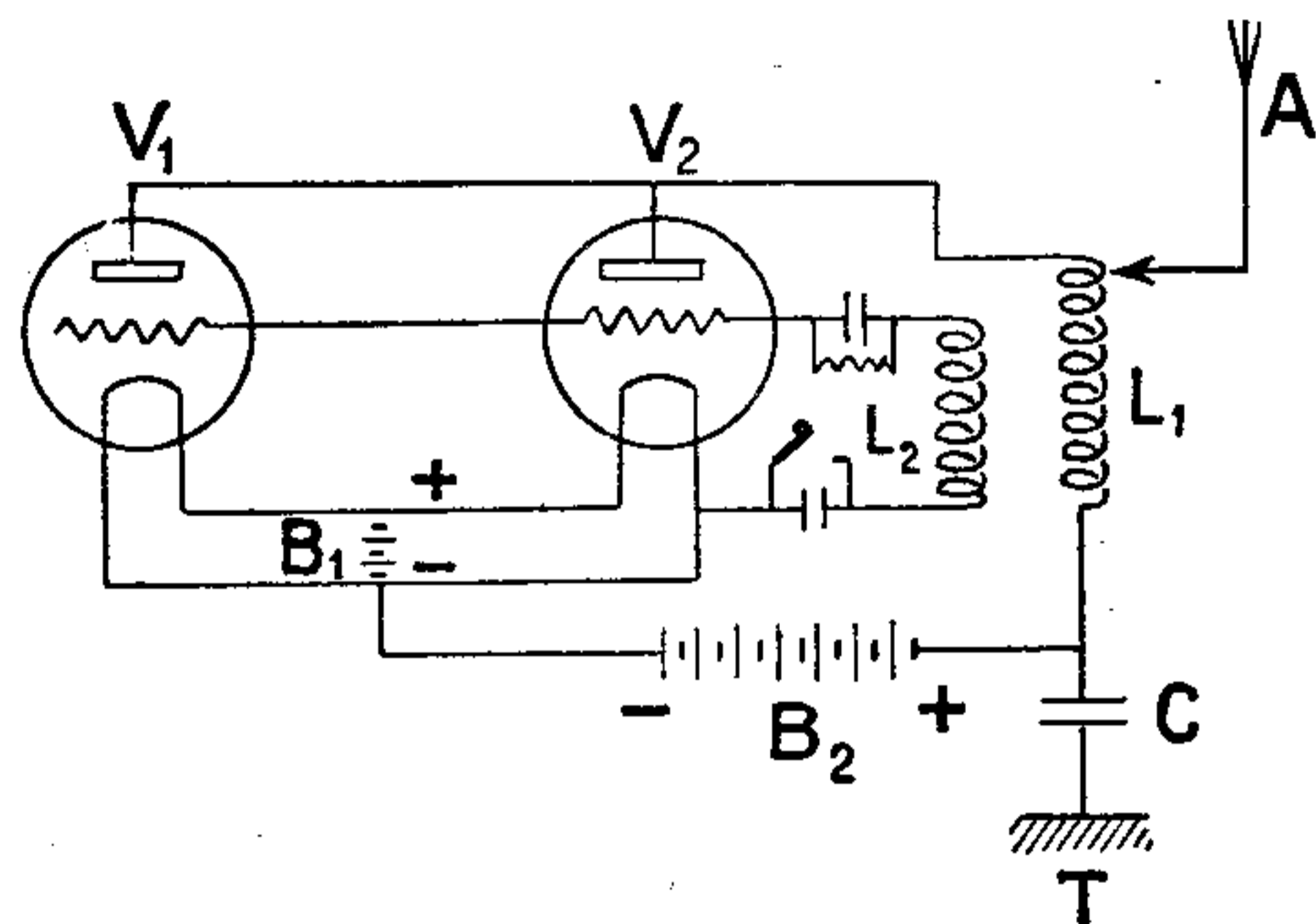



Fig. 63.

griglia intercalando nel circuito una resistenza di 8000 a 20000 Ω, shuntata da un condensatore.

Lo schema di un posto trasmettitore di media potenza è quello rappresentato in figura 63.

Un circuito che óra è molto usato in America è il seguente (fig. 64).

In tale circuito sono riuniti in parallelo alcuni triodi di grande potenza, connessi alla loro volta coll'antenna e colla terra. Nel circuito di griglia non c'è però nessuna reazione.

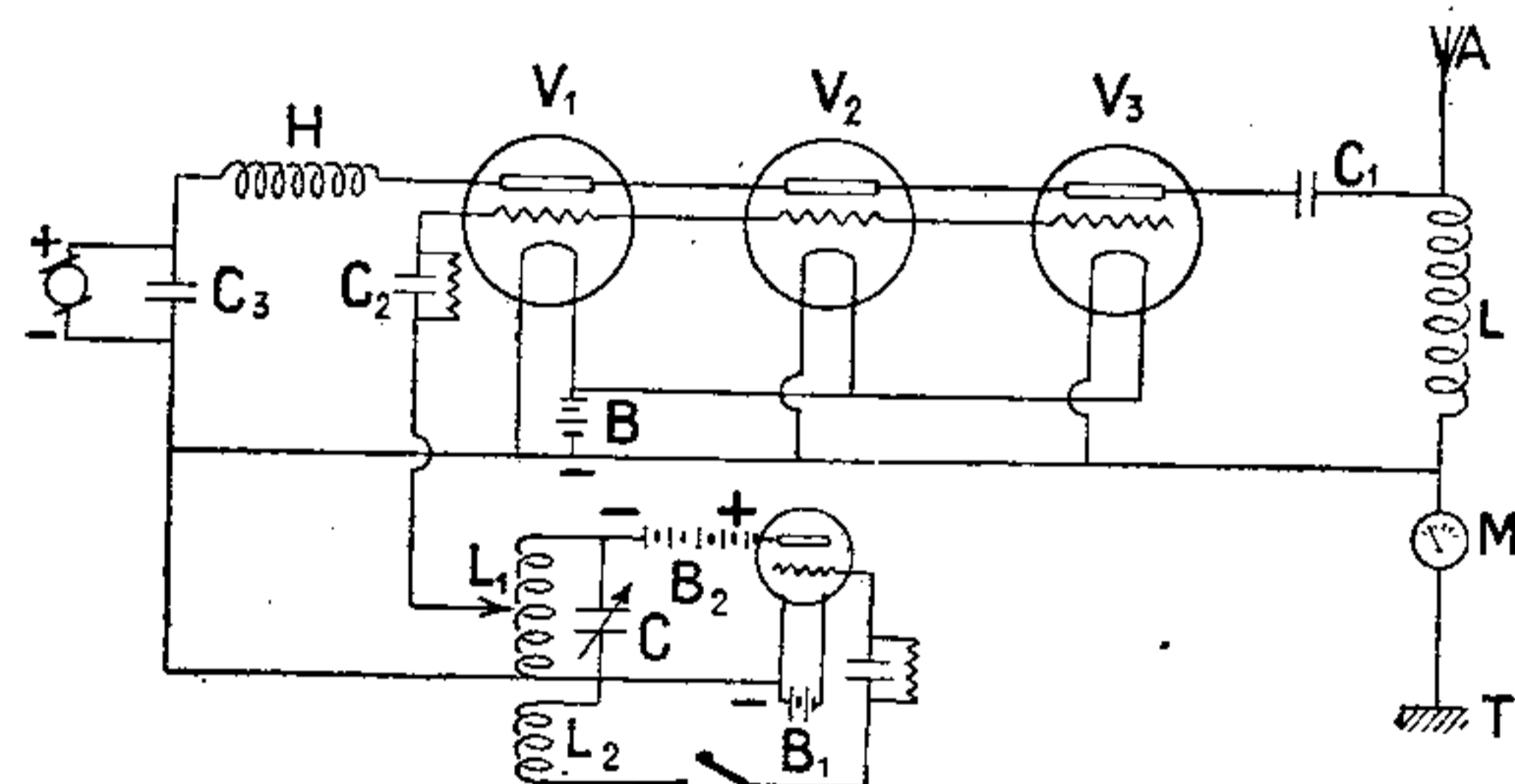



Fig. 64.

In sua vece è posto un piccolo triodo montato in un circuito di generazione del tipo solito. Questo circuito è poi connesso colle griglie dei grandi triodi. Si comprende quindi come queste oscillino con la frequenza delle oscillazioni generate dal piccolo triodo. Le griglie sono, cioè, comandate. Tale circuito emette

delle onde le cui lunghezze sono indipendenti dalle caratteristiche dell'antenna stessa. Si comprende però come la massima intensità sull'antenna si abbia quando la frequenza delle oscillazioni del circuito oscillante che comanda la griglia sia uguale a quella propria del sistema antenna-terra.

RICEZIONE DELLE ONDE PERSISTENTI COL METODO DEI BATTIMENTI.

Conosciamo già questo metodo di ricezione: solo abbiamo visto come tale metodo non potesse realizzarsi per la mancanza di un pratico generatore di onde persistenti locali. Dopo quanto si è detto sui triodi, si comprende come questi abbiano risolto immediatamente il problema.

Per avere i battimenti al posto ricevitore, è necessario porre vicino a questo un triodo montato come generatore, dove al posto dell'antenna si è sostituito un condensatore. Variando questo, si varia la frequenza delle oscillazioni generate, e si può portarla ad un

tale valore che interferendo colle oscillazioni ricevute generi dei battimenti di frequenza udibile.

Questo piccolo posto generatore dicesi: *eterodina*. La ricezione delle onde persistenti col metodo dei battimenti presenta numerosi vantaggi. Infatti, per quanto riguarda la sintonia, la selezione dei posti che hanno lunghezze d'onde di poco differenti, è molto grande specialmente per le onde comprese fra 200-1500 m.

Infatti, un telefono non potrà farci udire delle frequenze superiori a 3000 e per delle lunghezze di onda di 1000 a cui corrisponde una frequenza di 300000 è quindi sufficiente che le stazioni abbiano lunghezze d'onda che differiscano di $\frac{3000}{300000} = \frac{1}{100}$ dal loro valore medio, e cioè che differiscano di 10 m. di lunghezza d'onda, perchè non possano essere intese simultaneamente. Per le onde lunghe, per esempio di 10000 a cui corrisponde una frequenza di 30000, lo scarto corrispondente è $\frac{1}{10}$ e cioè di 1000 m.

Si vede quindi, come la sintonia sia meno precisa per le onde lunghe.

Vi è poi un altro grande vantaggio dal punto di vista dell'amplificazione. Infatti, con questo metodo non c'è una grande perdita di energia, come nel ticker, e la nota della ricezione si può regolare ed avere così una risonanza meccanica colla membrana del telefono che non è mai completamente aperiodica. Di più: il rendimento del detector, che è basso per le onde smorzate, aumenta di molto per le onde persistenti, tanto che si può ritenere che l'intensità dei segnali ricevuti con eterodina è da quattro a dieci volte più grande di quella degli stessi segnali ricevuti con tricker.

L'uso dell'eterodina può esser vantaggioso anche nella ricezione di onde smorzate. In questo caso la nota musicale della stazione è, deformata per i battimenti; rimane però la grande amplificazione, tanto che è possibile ricevere, in tal modo, delle stazioni ad onde smorzate i cui segnali sono troppo deboli per esser ricevuti con la nota musicale propria.

I circuiti usati per l'eterodina sono gli stessi usati per la trasmissione.

In questo caso, non necessitando una potenza rilevante, è sufficiente un triodo del tipo usato in ricezione per ottenere l'energia necessaria. La tensione di placca è generalmente di 60 a 80 volts come per la ricezione solita. Nel circuito di griglia, è posto un milliamperometro shuntato da un condensatore di qualche millesimo di microfarad. Lo scopo di tale strumento è di controllare l'innescamento delle oscillazioni.

L'accoppiamento poi deve esser tale che l'innescamento avvenga per tutte le lunghezze d'onda del circuito oscillante, e cioè lo si lascia generalmente fisso e molto stretto.

Le eterodine capaci di produrre onde comprese fra 200 e 20000 m. hanno delle induttanze di valore crescente nel circuito di griglia e di placca, e si mettono successivamente in circuito, a seconda della lunghezza d'onda che si desidera, e ciò perchè è impossibile ottenere una così grande variazione della lunghezza d'onda con una sola bobina di placca e di griglia ed un condensatore variabile.

La ricezione con eterodina esige la rego-

lazione simultanea dei circuiti di ricezione e dell'eterodina fino ad udire il posto trasmettitore. In seguito, si regola la nota dei battimenti mediante il condensatore variabile dell'eterodina stessa.

AUTODINA O ENDODINA.

Sappiamo che un triodo può oscillare se il circuito oscillante è posto nel circuito di griglia invece che in quello di placca. Questa disposizione può essere applicata ai triodi funzionanti in detector od in amplificazione, con grandi vantaggi. Nel caso di un triodo montato in detector, coll'aggiunta di una bobina accoppiata col circuito secondario e posta nel circuito di placca (fig. 65) possiamo avere oltre al funzionamento in detector, anche il funzionamento come generatore di oscillazioni, senza che l'effetto detector vari menomamente. È allora possibile ricevere delle onde persistenti col metodo dei battimenti: infatti, le oscillazioni generate dal triodo hanno il periodo che è quello del cir-

cuito oscillante di ricezione. Per avere i battimenti è allora necessario che vi sia una piccola differenza fra le oscillazioni ricevute e quelle generate; ciò si ottiene variando di poco le costanti del circuito oscillante dai valori

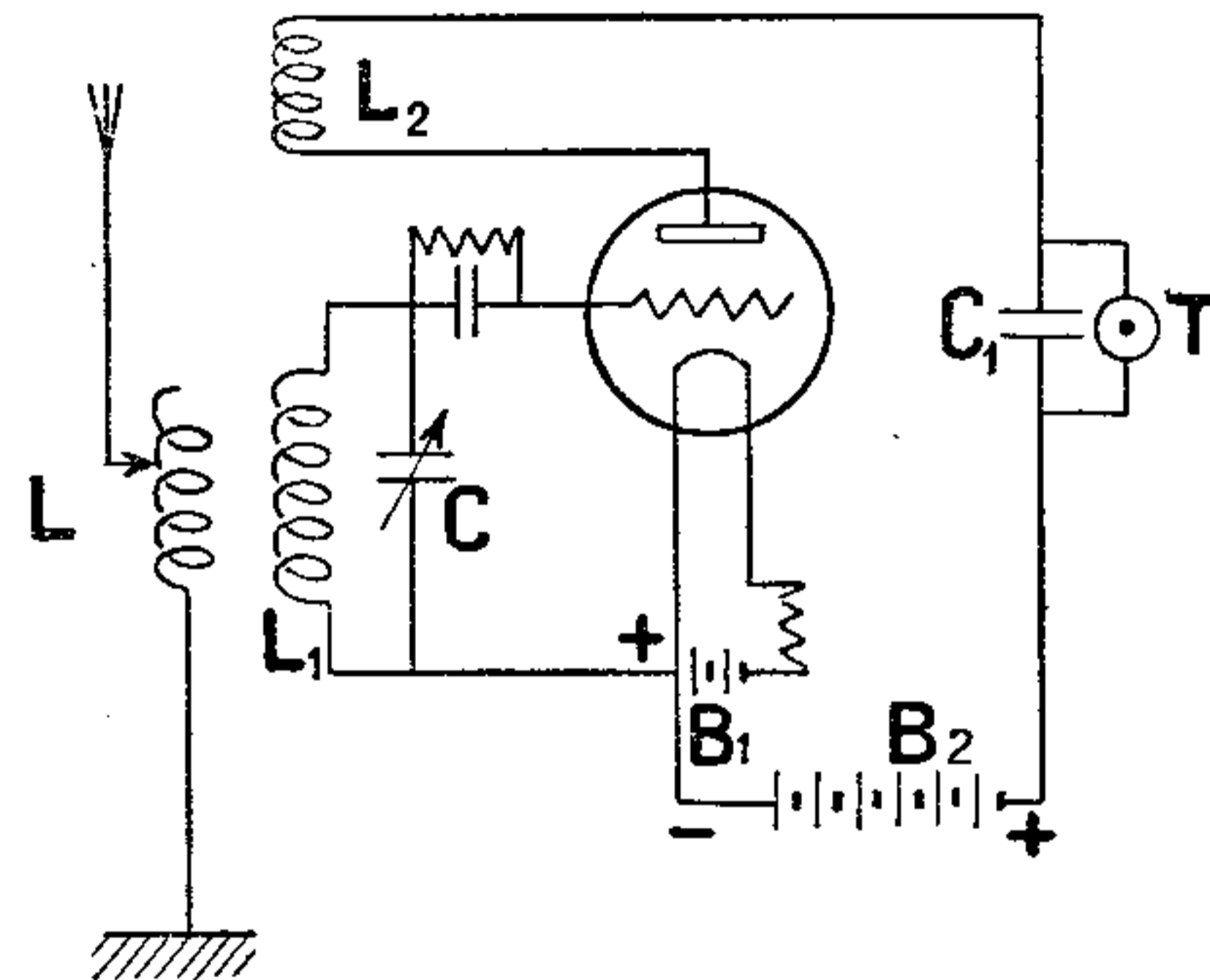



Fig. 65.

necessari alla risonanza. Praticamente si varia il valore del condensatore C.

I battimenti vengono quindi rivelati dallo stesso triodo, che, come si è detto, funziona anche da detector. Non è più necessaria allora una eterodina separata per avere i batti-

menti, e ne risulta una notevole semplificazione di manovra nella ricerca delle trasmissioni.

Col circuito della fig. 65 si ha inoltre una amplificazione che è superiore a quella ottenuta utilizzando un detector ed una eterodina.

Consideriamo infatti il caso che l'accoppiamento fra la bobina di placca e quella di griglia sia tale che non sia sufficiente all'innescamento delle oscillazioni.

Le oscillazioni del potenziale di griglia, dovute ai segnali ricevuti, producono nel circuito di placca delle variazioni di corrente.

La bobina di placca L_2 è però accoppiata alla L_1 che è posta nel circuito di griglia; quindi una parte delle oscillazioni del circuito di placca sono ritornate al circuito di griglia e ne aumentano le variazioni di potenziale che alla lor volta aumentano le variazioni della corrente di placca; e così via. Nello stesso tempo il triodo funziona come detector e si ha quindi una amplificazione considerevole dei segnali. In questo caso, in cui il triodo non genera oscillazioni, non si può utilizzare il circuito per la ricezione delle onde persistenti. Solo le smorzate sono ricevute col loro tono fondamentale, e sono amplificate utilizzando la *reazione* fra il circuito di placca ed il circuito di griglia. In tal caso, si ha anche una grande sintonia.

Se l'accoppiamento fra le bobine L_2 ed L_1, è un poco più stretto che precedentemente, tale cioè che le oscillazioni si inneschino potremo ricevere le oscillazioni persistenti, col metodo dei battimenti, utilizzando sempre l'effetto amplificatore suaccennato e l'effetto detector.

Per avere la massima intensità dei segnali, è bene che l'accoppiamento fra L_2 ed L_1 sia appena sufficiente per avere la produzione delle oscillazioni; sia cioè tale che il funzionamento del triodo sia vicino al limite d'innescamento.

I sistemi di accoppiamento possono essere diversi dal precedente e si possono utilizzare quelli impiegati per i posti trasmettitori ad onde persistenti, purchè l'accoppiamento possa

variare fra limiti sufficientemente estesi per poter avere il massimo rendimento per ogni lunghezza d'onda.

Il circuito ora descritto si può applicare anche ad un triodo montato in amplificazione ad alta frequenza, pur rimanendo uguale al precedente il funzionamento, meno (si comprende) l'effetto detector. Si aumentano così le qualità amplificatrici del triodo e, di più, si può ottenere un funzionamento in autodina.

Le oscillazioni debbono essere poi detectate per mezzo di un cristallo o di un triodo montato in detector nel modo usuale.

Negli amplificatori per alta frequenza, sia a trasformatori in risonanza o no, sia a resistenza od a self, si può introdurre l'effetto autodino, utilizzando un accoppiamento fra la griglia di un triodo e la placca dello stesso o di un altro appropriato.

ALCUNI CIRCUITI IMPIEGATI PER OTTENERE IL FUNZIONAMENTO IN AUTODINA.

Un montaggio dovuto ad Armstrong è quello della fig. 65 il cui funzionamento ci

è già noto. Si può ottenere un vantaggio nella sintonia accordando il circuito di placca me-

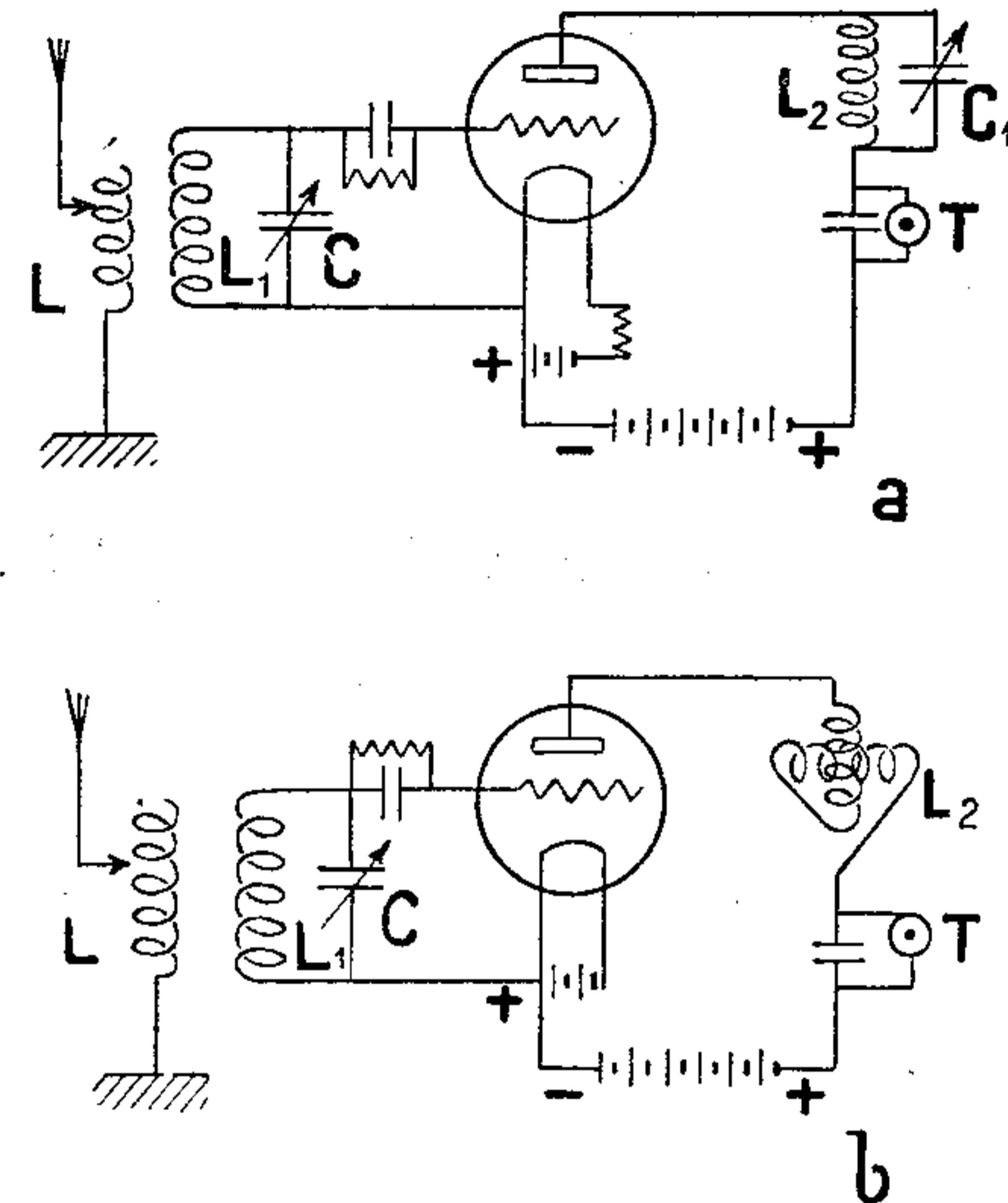



Fig. 66.

diante un circuito oscillante inserito nel circuito di placca stesso.

Per le onde corte (150-500 m.) si può togliere

l'accoppiamento magnetico fra il circuito di griglia e quello di placca. Per avere l'innescamento delle oscillazioni è sufficiente accordare il circuito di placca. Tale circuito non ha apparentemente un accoppiamento fra i due circuiti di griglia e di placca; però il triodo pos-

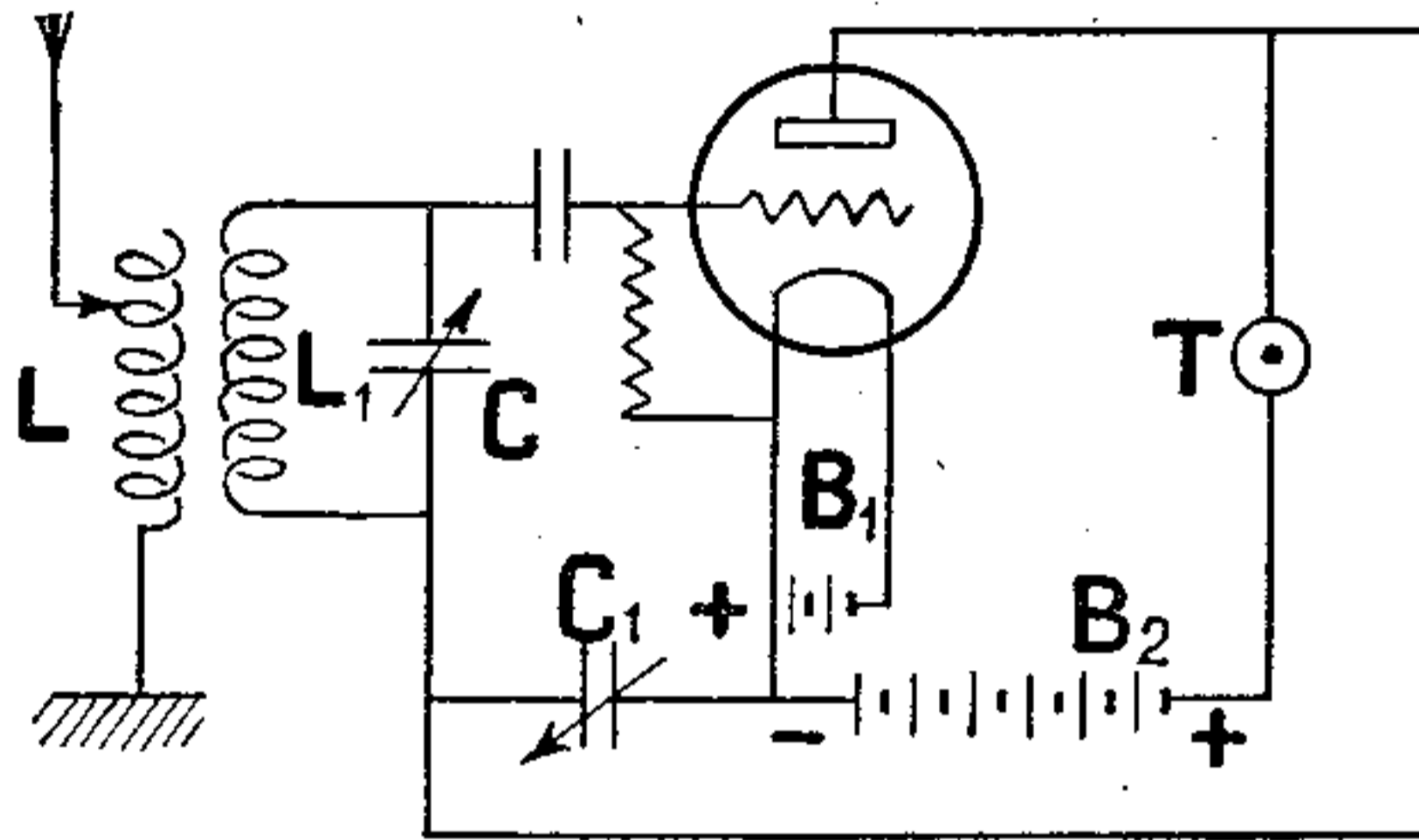



Fig. 67.

diede una capacità fra gli elementi che lo costituiscono, e ciò specialmente fra la griglia e la placca.

È tale capacità, che fa da accoppiamento. Per onde lunghe però, tale capacità non è più sufficiente ad innescare le oscillazioni (fig. 66 *a* e *b*).

La fig. 67 è quella del circuito che porta il

nome di *ultra-audion*, ed è dovuta al De Forest.

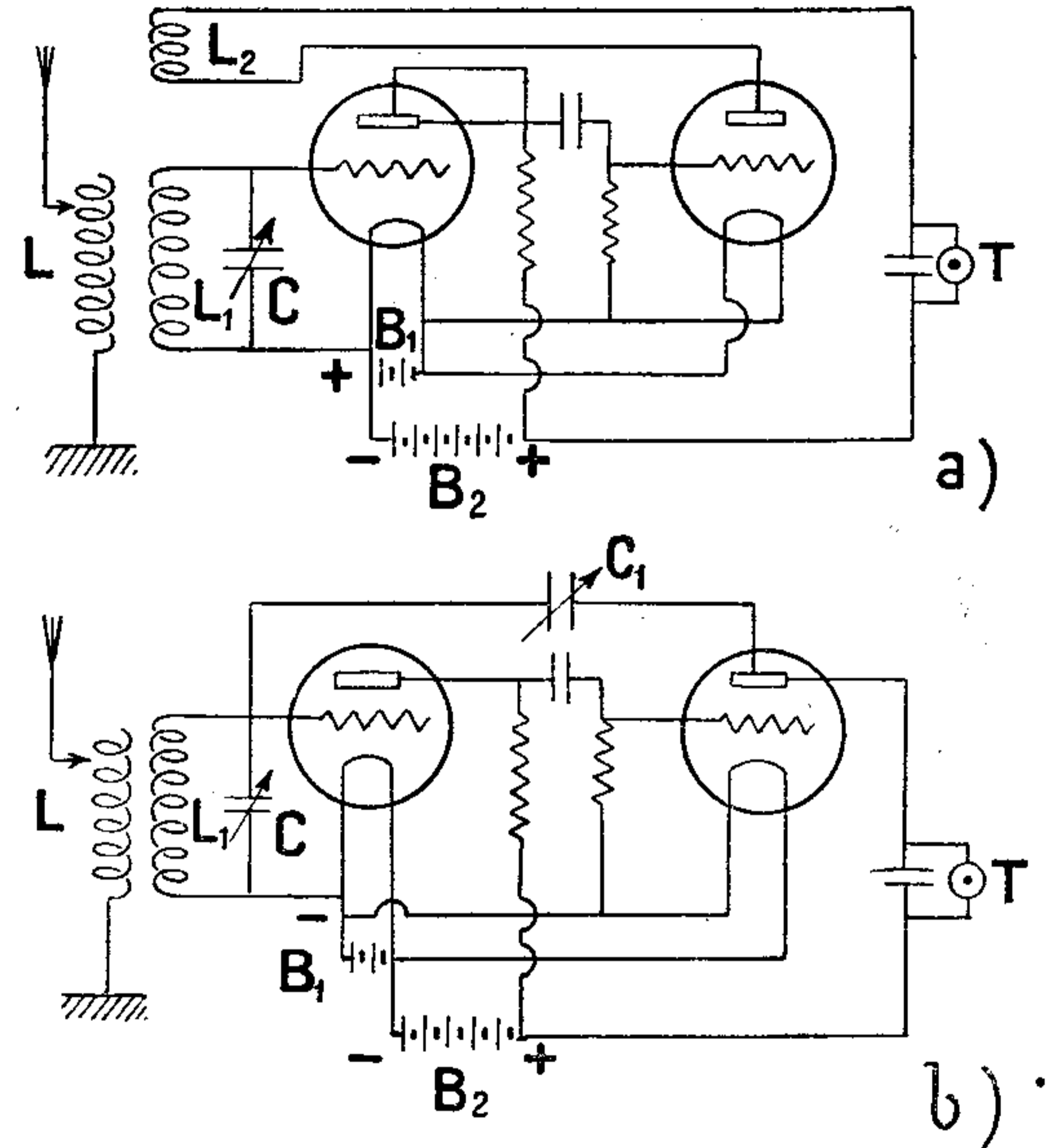



Fig. 68.

Tale circuito ha la particolarità di avere il circuito oscillante di ricezione, non più fra il

filamento e la griglia, ma fra la griglia e la placca. Il condensatore C_1 serve all'accoppiamento dei due circuiti.

Quello della fig. 68 è un circuito a resistenze od a self, in cui l'innescamento si può ottenere, sia con accoppiamento magnetico (*a*) che con accoppiamento per capacità (*b*). Il primo caso è quello solito impiegato. Il secondo, utilizza invece un piccolo condensatore C_1 di $\frac{1}{10000}$ di ufd per l'accoppiamento fra la prima griglia ed una placca determinata dei triodi seguenti (che possono raggiungere il numero di 8 o 10). Il variare della placca a cui si fa l'attacco del condensatore, porta ad avere un innescamento più o meno buono a seconda delle lunghezze d'onda che si ricevono.

Circuiti per onde corte.

In questi ultimi tempi, le lunghezze d'onda comprese fra i 150 ed i 500 m. sono state utilizzate specialmente dai dilettanti. La ricezione di tali lunghezze d'onda non può essere

fatta con amplificatori a resistenze, per il fatto che la capacità propria del triodo impedisce un buon funzionamento. Per l'accordo le bobine dei circuiti devono essere piccole, e per piccole variazioni dei circuiti, si preferisce l'uso dei *variometri*. Questi sono costituiti da due bobine: una fissa e l'altra mobile, poste in serie l'una all'altra. Quando la posizione delle due bobine è tale che i flussi prodotti hanno lo stesso senso, le induttanze si sommano all'incirca; quando invece sono contrari, le induttanze si differenziano.

Si comprende quindi come questo sia un mezzo semplice per variare con continuità la induttanza. Uno schema molto usato è quello della fig. 66 *b*.

Per ovviare all'inconveniente di dover avere un circuito speciale per le onde corte, l'Armstrong ha pure trovato un sistema detto *super-eterodina*, che permette l' uso dei normali amplificatori, per ricevere le onde corte.

Questo circuito utilizza una prima eterodina che genera delle oscillazioni, che interferendo con quelle ricevute, dà luogo a battimenti

con frequenza dell'ordine di quella corrispondente alle lunghezze d'onda di 1000 a 2000 m. Una seconda eterodina produce con questi ultimi dei battimenti di frequenza udibile che possono essere amplificati, detectati e ricevuti.

Un altro circuito che però non è ancora entrato nella pratica, è il *super-regenerative* che permette la ricezione della radiotelefonia, utilizzando la grande amplificazione che si ottiene in un triodo quando questo oscilla. Siccome però in tal caso l'effetto dei battimenti produce distorsione, con mezzi adeguati e cioè con altri triodi, si interrompono, con una frequenza superiore all'udibile, le oscillazioni che si generano e che darebbero luogo ai battimenti. Si può così ricevere la telefonia senza distorsione e con grandissima amplificazione, tanto che uno o due triodi montati in super-rigenerative dànno un effetto uguale a quello di 7 o 8 montati in circuito normale. Tali circuiti, molto recenti, sono difficili da regolare e non sono molto stabili. È per questo che ne abbiamo dato un'idea molto sommaria.

È da notare un fatto importantissimo, che con il divulgarsi della radiotelefonia può portare serie conseguenze, e cioè: il circuito impiegato in un apparecchio montato in autodina, non è altro che quello usato per la trasmissione, o ne è di poco differente.

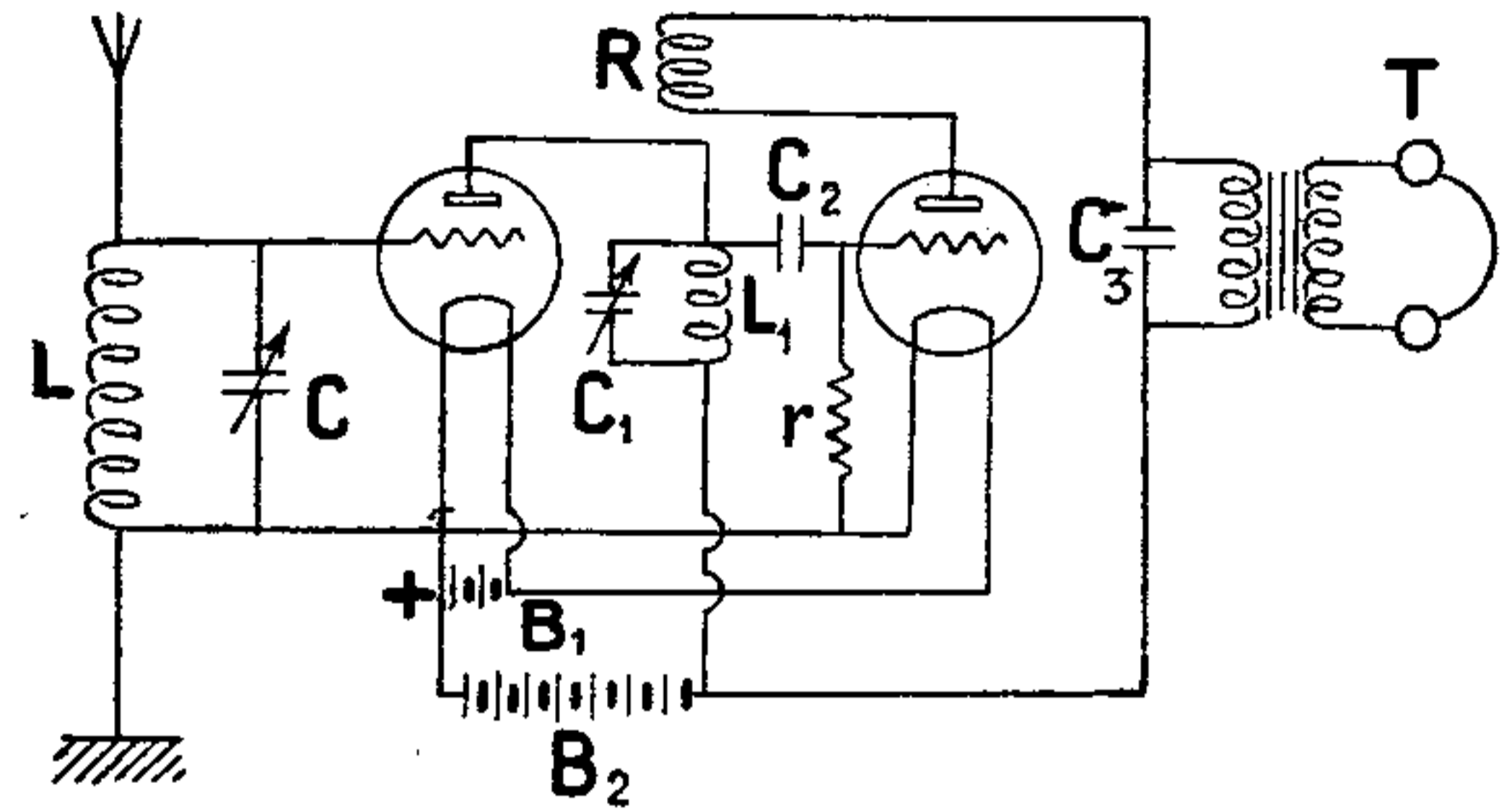



Fig. 69.

Quando le oscillazioni sono innescate, l'apparecchio produce delle oscillazioni che fanno vibrare l'antenna e che possono essere ricevute, benchè la potenza sia piccolissima, a qualche centinaio di metri. Si comprende quindi quale confusione nascerebbe, se tutti adottassero simili apparecchi. Specialmente

in Inghilterra si è proibito l'uso di tali circuiti e sono ammessi solo circuiti non irradianti.

A tale scopo vi sono diversi circuiti semplici che permettono il funzionamento anche in autodina. Generalmente l'accoppiamento della reazione non si fa avvenire col circuito oscillante di ricezione, ma con un circuito oscillante posto nel circuito di placca di un triodo precedente. La fig. 69 è uno schema usato a tale scopo.

CAPITOLO V.

RADIO-TELEFONIA

TRASMISSIONE.

È stato detto precedentemente come la radiotelefonia non possa farsi che per mezzo delle onde persistenti. È infatti impossibile servirsi delle oscillazioni smorzate quale supporto di vibrazioni irregolari e di frequenza udibile che ci sono date dalle modulazioni della voce.

Resta dunque a vedere come si possa far variare, mediante opportuni disposizioni, la onda persistente generata con alternatori, con archi o con triodi.

Supponiamo che un microfono le cui variazioni di resistenza sono dovute alla modu-

lazione della voce, modifichi la ampiezza delle oscillazioni generate. Al posto ricevitore, la corrente media nel telefono seguirà le variazioni di ampiezza trasmesse, e si potrà quindi avere la riproduzione dei suoni.

Invece di far variare l'ampiezza, che è ciò che si fa più comunemente, talvolta si varia la lunghezza d'onda.

Per modificare l'ampiezza si può intercalare un microfono nel circuito antenna-terra. Tale sistema non è più utilizzato, introducendosi una elevata resistenza nel circuito antenna-terra, che per potenze piccolissime.

Infatti, per potenze rilevanti, e cioè per grandi intensità di corrente nel circuito antenna-terra, non si sanno costruire dei microfoni adatti.

Un tipo di microfono usato nei primi tempi e che poteva portare notevoli intensità è quello idraulico del Majorana, che però ora, dopo l'uso dei triodi, non è più utilizzato.

Invece di inserire il microfono nel circuito antenna-terra, lo si può mettere agli estremi di una bobina formata da qualche spira ed

accoppiata con la induttanza d'aereo, o porlo direttamente in derivazione su qualche spira della bobina stessa. Anche qui si ha l'inconveniente di avere un grande riscaldamento del microfono quando si voglia modulare delle grandi potenze (fig. 70 *a b c*).

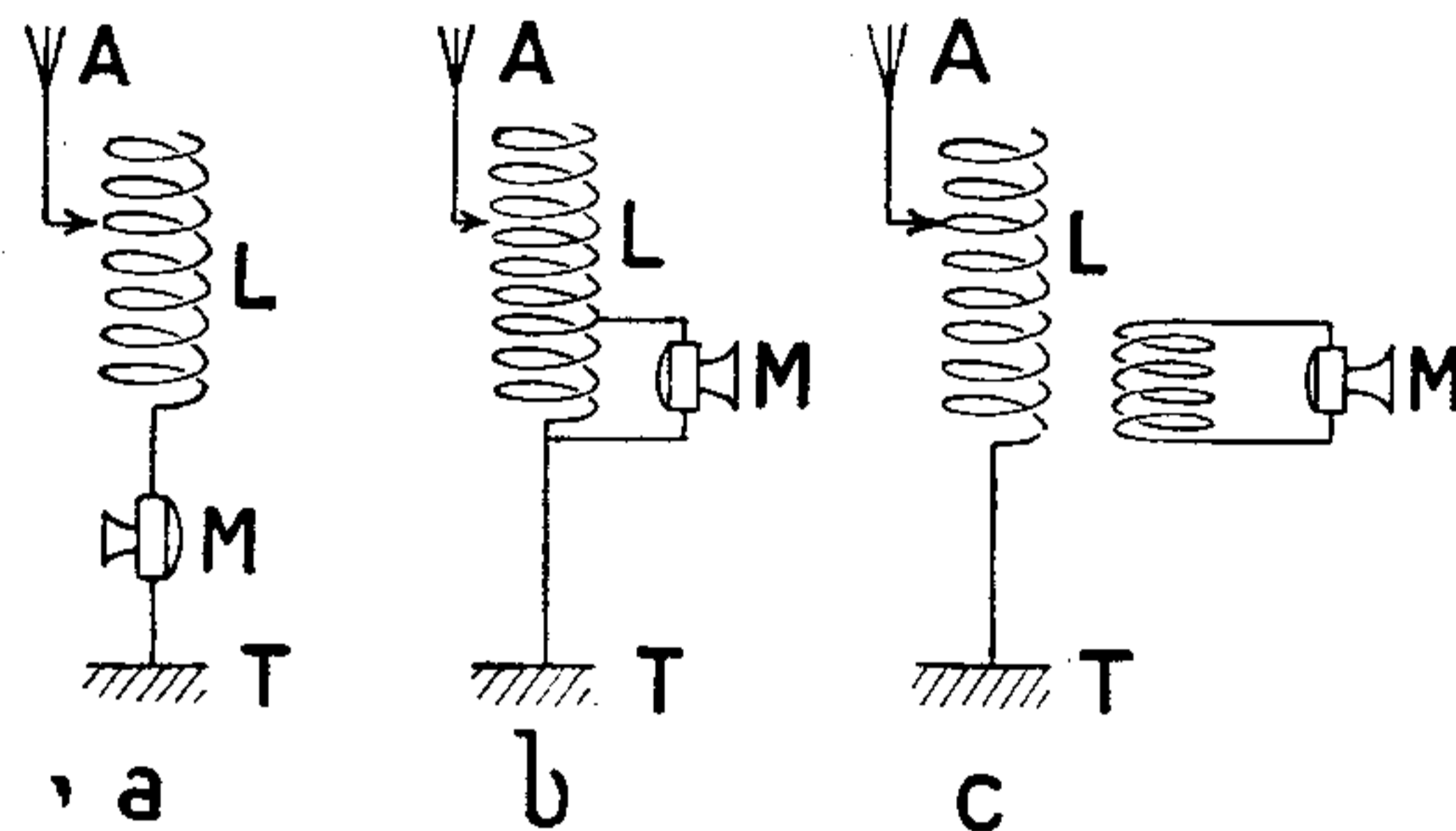



Fig. 70.

Con tali sistemi, oltre ad avere variazioni di ampiezza delle oscillazioni, si hanno anche variazioni della lunghezza d'onda emessa. Ne risulta quindi che al posto ricevitore si ha oltre alle variazioni di ampiezza, anche un disaccordo.

Quale generatore di onde persistenti per

radiotelefonia, si può dire che oggi è adottato unicamente il triodo.

Vediamo quindi alcuni circuiti adatti.

Al posto della resistenza di griglia possiamo sostituire il secondario di un piccolo trasfor-

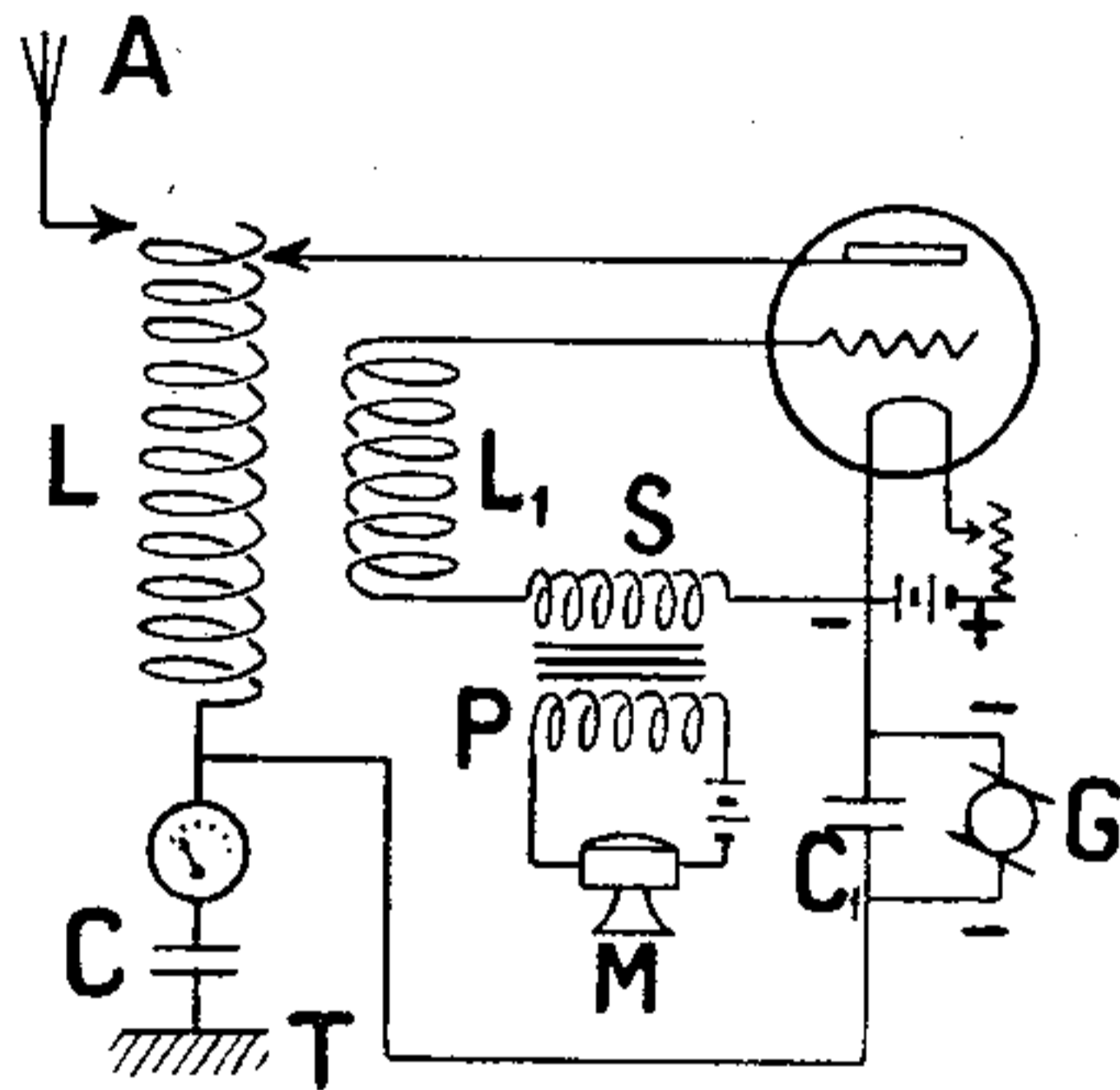



Fig. 71.

matore telefonico, nel cui primario è posto in serie con una pila, un buon microfono (fig. 71).

Le variazioni di tensione che si hanno al secondario di tale trasformatore, quando si parla nel microfono sono così trasmesse di-

rettamente alla griglia, ciò che ha per effetto di modificare le oscillazioni generate.

Un altro circuito usato per medie potenze è quello detto a *corrente costante*. È in tal caso necessario un secondo triodo o una seconda serie di triodi posti in parallelo fra di

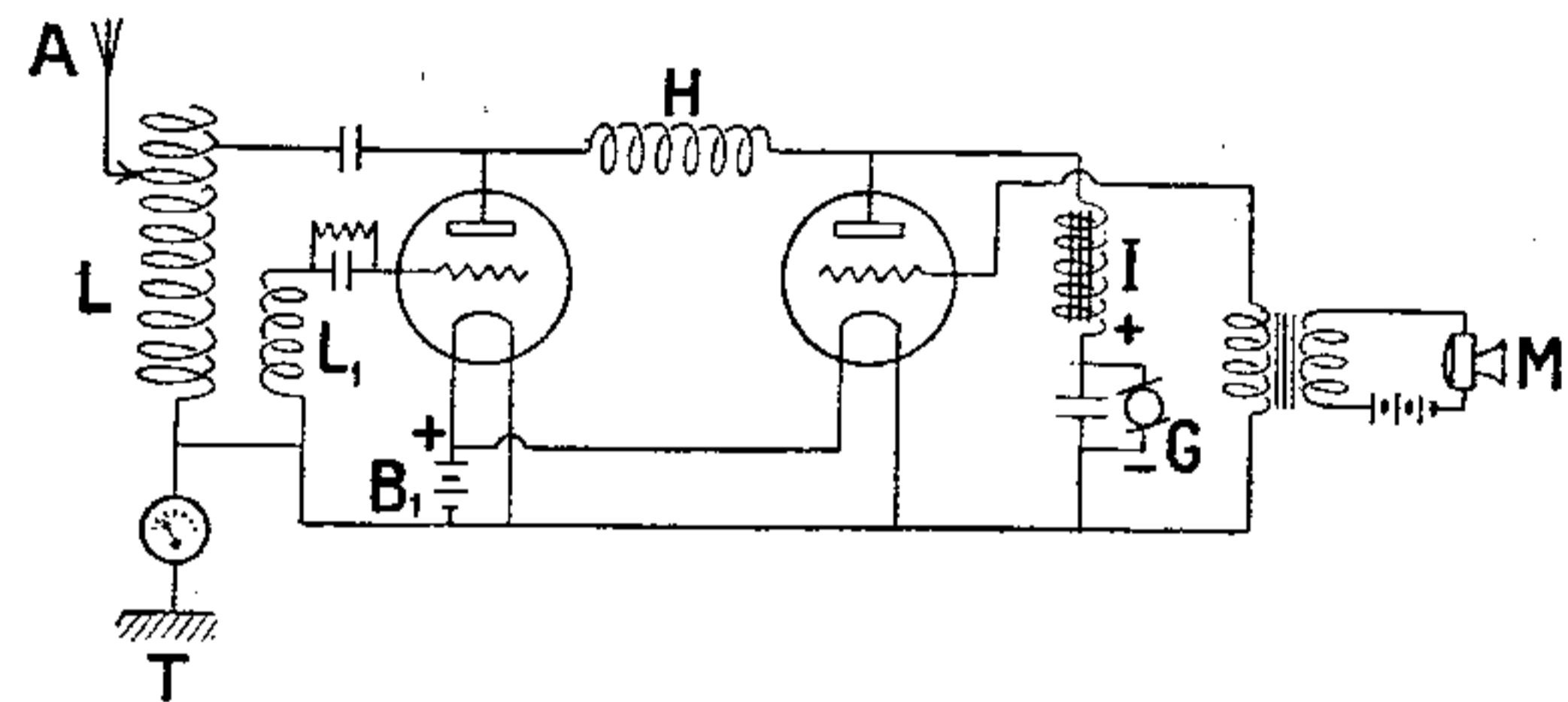



Fig. 72.

loro e detti *modulatori*. Il circuito è quello rappresentato in fig. 72.

Il triodo modulatore ha la placca posta in parallelo a quella dell'oscillatore attraverso ad una induttanza *H* che impedisce il passaggio dell'alta frequenza, ma non quello della bassa frequenza. Nel circuito di alimentazione delle due placche, è posta una forte in-

duttanza *I*. La griglia del triodo modulatore, che è posta nel circuito secondario del solito trasformatore telefonico, fa variare la corrente di placca del detto triodo, allorchè si parli nel microfono. Tali variazioni di corrente, non possono variare la corrente fornita dalla

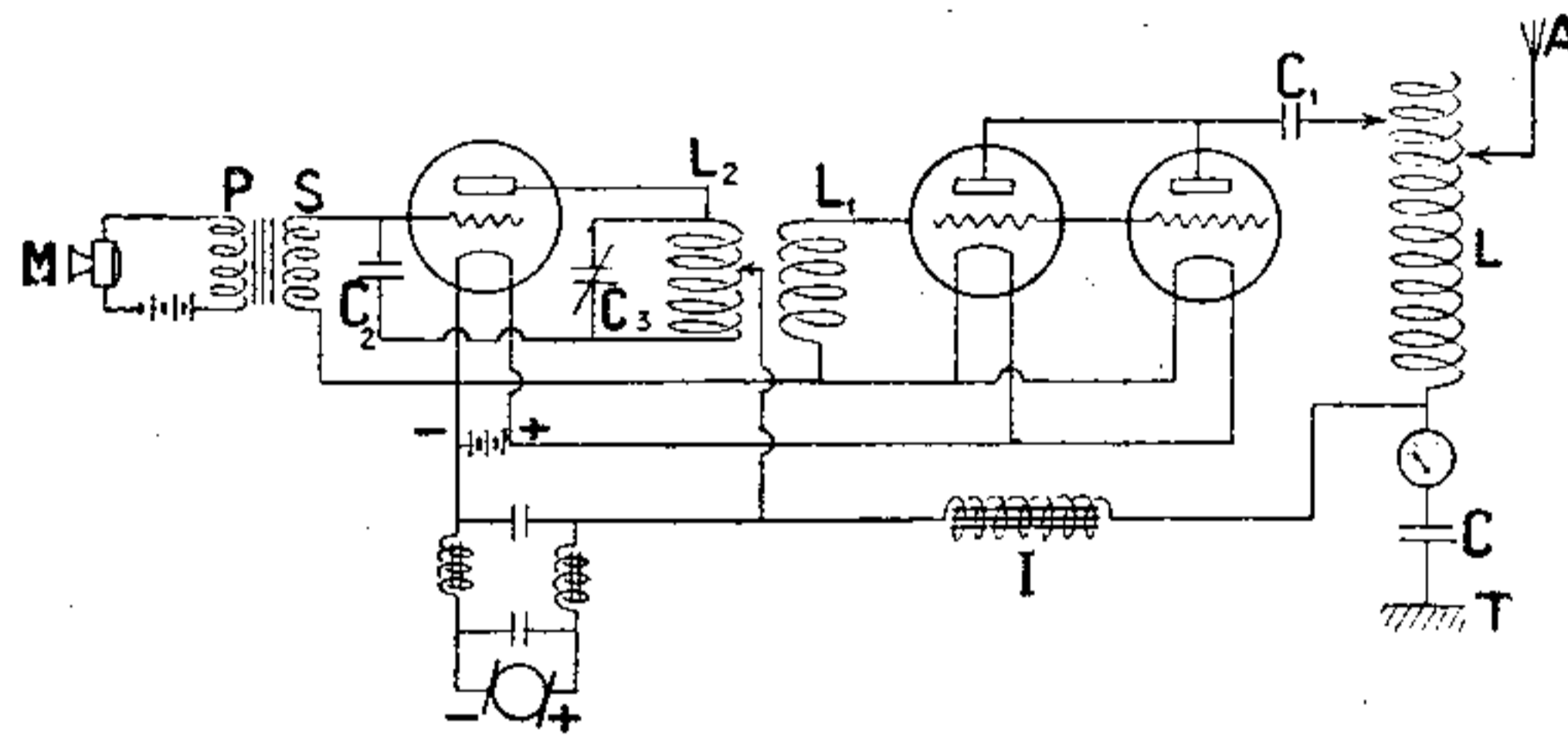



Fig. 73.

sorgente di alimentazione *G* delle due placche (corrente costante), perchè non possono superare la induttanza a bassa frequenza. Passano allora attraverso la induttanza *H* nel circuito di placca del triodo generatore, ciò che ha per effetto di variare le onde emesse. La induttanza *H* ha lo scopo di lasciar passare le variazioni di corrente di bassa frequenza

prodotte dalla voce, e di impedire il ritorno delle oscillazioni di alta frequenza nel circuito del triodo modulatore. Per grandi potenze, dove sono utilizzati i circuiti con triodi comandati da altri triodi oscillatori (v. fig. 73), il microfono è posto nel circuito oscillante di piccola potenza che comanda gli altri triodi.

Si comprende come la corrente che passa nel microfono possa essere amplificata mediante opportuni amplificatori di bassa frequenza, prima di passare nel dispositivo anzidetto.

RICEZIONE.

Per le ricezioni di trasmissioni radiotelefoniche, non necessitando l'uso di una eterodina, un semplice detector a cristalli può servire a tale scopo. Le onde persistenti dànno luogo a delle risonanze molto acute, per modo che i ricevitori devono essere regolati con molta cura. Gli amplificatori poi non devono avere trasformatori che distorgano i suoni. Specialmente per la bassa frequenza è quindi

utile studiare dei trasformatori speciali. Anche i telefoni usati per la ricezione, non devono entrare in risonanza, altrimenti producono distorsioni grandissime.

Se si vuol utilizzare l'amplificazione che si ottiene con dispositivi autodini, è bene che l'accoppiamento fra la bobina di reazione ed il circuito oscillante sia un poco lontano dal limite d'innescamento, perchè altrimenti si avrebbe pure distorsione. L'innescamento delle oscillazioni può servire alla ricerca della stazione trasmettente; in tale caso si avranno i battimenti con l'onda persistente supporto delle modulazioni.

Trovato quindi il punto di silenzio, cioè trovato il punto per cui le frequenze delle oscillazioni generate dall'autodina e quelle ricevute sono eguali (punto per cui non si hanno battimenti), si diminuisce l'accoppiamento della bobina di reazione per usufruire dell'amplificazione anzidetta.

Malgrado ciò, la portata in radiotelefonia è molto inferiore a quella della telegrafia. Infatti con quest'ultima, al posto ricevitore

si può utilizzare l'amplificazione data dall'uso dell'eterodina, ciò che non si può fare per la telefonia.

Di più: tutte le lettere dell'alrabeto pronunciate davanti al microfono non producono delle eguali variazioni delle onde emesse, così che per avere una ricezione chiara di tutte le parole pronunciate, la portata deve essere quella che permette la comprensione delle lettere che producono le variazioni più piccole.

La radiotelefonia ha da qualche anno iniziato il periodo pratico e commerciale. Specialmente in America, ed ora, anche in Europa, si dànno comunicazioni radiotelefoniche dei principali eventi giornalieri, come notizie riguardanti i cambi, le condizioni atmosferiche, ecc. Alla sera ed alla domenica delle stazioni dànno concerti e novità del giorno.

Si sono già fatte delle prove ben riuscite fra l'America e l'Europa, con potenze di circa 60 kw. e si spera di fare un servizio regolare.

La radiotelefonia è il mezzo ideale di comu-

nicazione fra i veicoli aerei e la terra, tanto che oggi vi sono anche linee aeree completamente equipaggiate di tali apparecchi, ed i velivoli per tal modo sono sempre in comunicazione con i relativi scali.

CAPITOLO VI.

RADIOGONIOMETRIA

Un ostacolo che impedisce l'ulteriore progredire della radiotelegrafia è il fatto che le onde non si possono dirigere. Molti tentativi sono stati fatti, ma tutti con esito poco soddisfacente e si può dire che praticamente il problema non sia ancora risolto.

Si è detto nel capitolo riguardante le antenne, che alcune forme di queste posseggono un massimo di efficienza in una determinata direzione; però anche per le altre direzioni l'emissione è ancora grande.

Se però le onde non si possono dirigere, si può sapere, al posto ricevitore, da quale di-

rezione provengono. Questo è lo scopo della radiogonometria (misurazione degli angoli) la cui utilità è evidente. Per mezzo di questa infatti, una nave, un veicolo aereo possono individuare le loro posizioni, quando abbiano dei punti di riferimento. Questi punti sono i

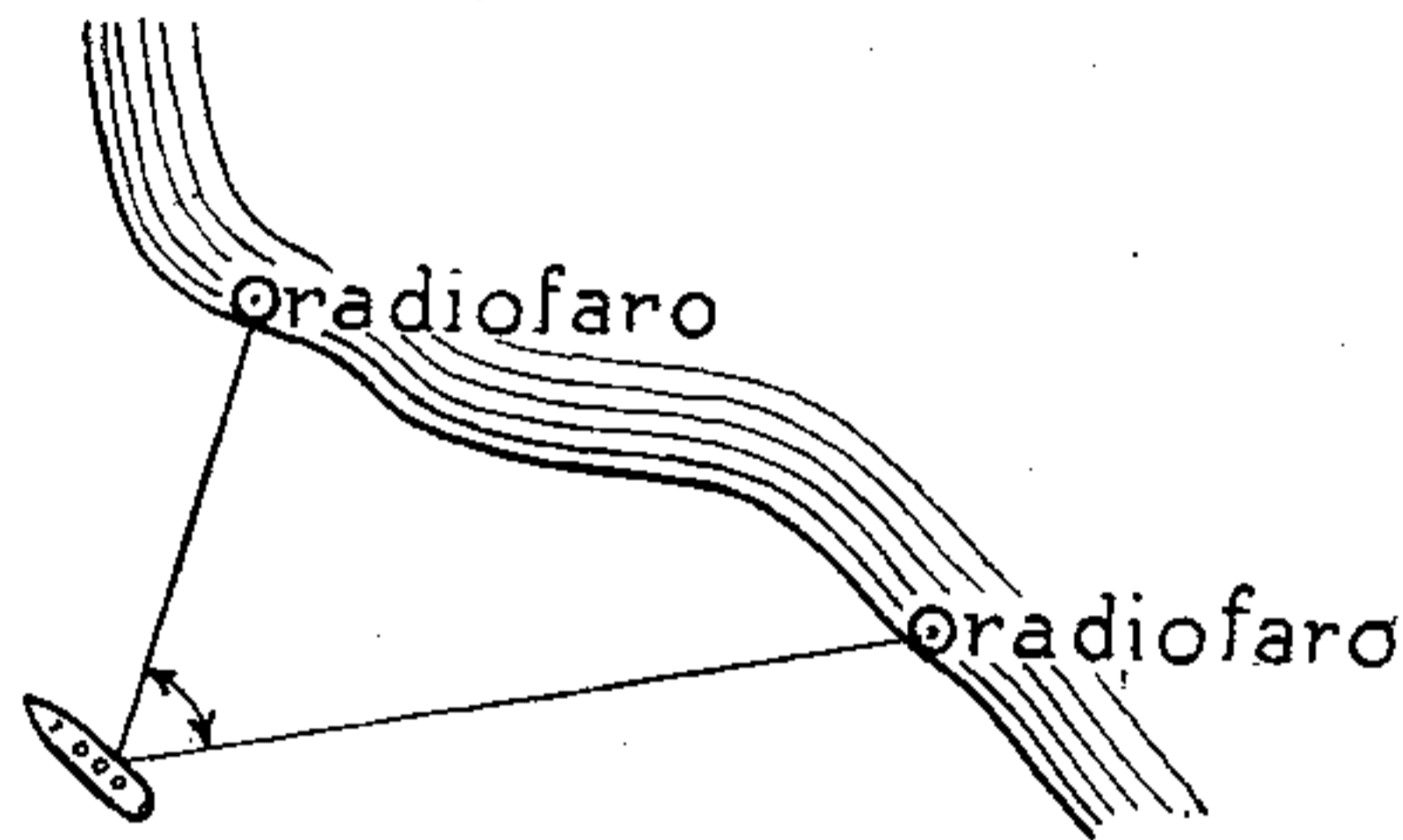



Fig. 74.

cosidetti *radiofari* e sono piccoli trasmettitori che funzionano ad intervalli. Si comprende quindi come con un facile calcolo, individuati gli angoli da cui provengono le onde, si possa determinare la posizione del posto ricevitore (fig. 74).

APPARECCHI RADIOGONOMETRICI.

Il professore Artom, ha sperimentato, ed in seguito i signori Bellini e Tosi hanno perfezionato uno speciale sistema di antenne collegate con un adatto circuito.

Si utilizzano due antenne poste ad angolo

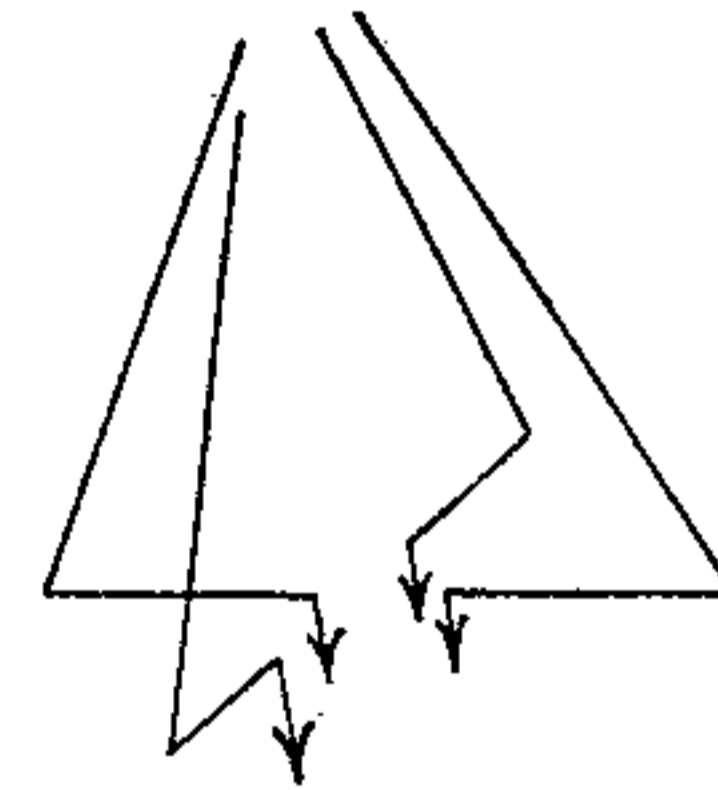



Fig. 75.

retto fra di loro ed aventi una forma simile a quella della fig. 75.

Le due antenne, isolate fra di loro, sono in circuito con due bobine che sono pure perpendicolari fra di loro. Nell'interno delle due bobine si ha una terza bobina rotante, posta nei circuiti ricevitori propriamente detti. Le due grandi bobine sono eguali e sono accor-

date mediante condensatori pure uguali, sull'onda che si deve ricevere. La terza bobina rotante è pure accordata per mezzo di un altro condensatore (fig. 76).

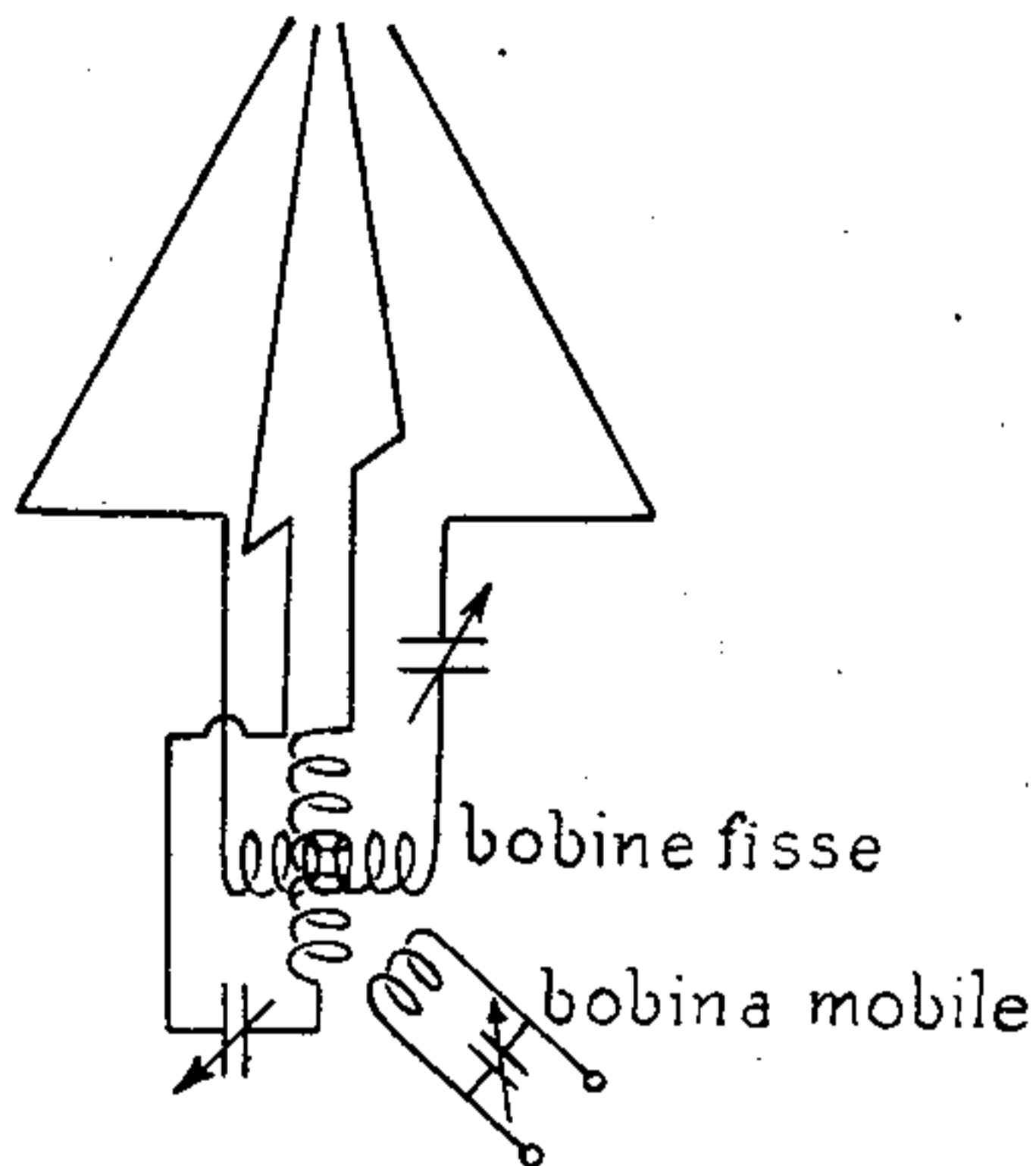



Fig. 76.

Il funzionamento di tali circuiti è il seguente: Supponiamo di dover ricevere una trasmissione la cui direzione sia nel piano di una delle antenne. Si comprende come l'effetto massimo al posto ricevitore, si abbia quando la bobina mobile è nel piano della bobina fissa

collegata alla detta antenna. Se la direzione fosse perpendicolare alla precedente e nel piano dell'altra antenna, l'effetto massimo nel ricevitore si avrebbe per una posizione della bobina mobile perpendicolare alla posizione precedente. Per un'onda che proviene da un punto qualunque, l'effetto massimo si avrà quando il piano della bobina mobile coinciderà colla risultante degli effetti prodotti singolarmente nelle due antenne. Si dimostra che tàle risultante coincide colla direzione da cui provengono le onde. Con l'aggiunta di speciali apparecchi si può conoscerne anche il senso.

Telaio.

Un altro apparecchio molto più semplice del precedente e che non abbisogna di antenna, è quello comunemente chiamato *telaio* o *quadro*. Esso non è altro che un grande solenoide le cui spire hanno un diametro di parecchi decimetri e talvolta, di metri. I telai

possono avere diverse forme: le più usate sono quelle rappresentate in figg. 77 e 78.

Quando il piano delle spire è nella direzione

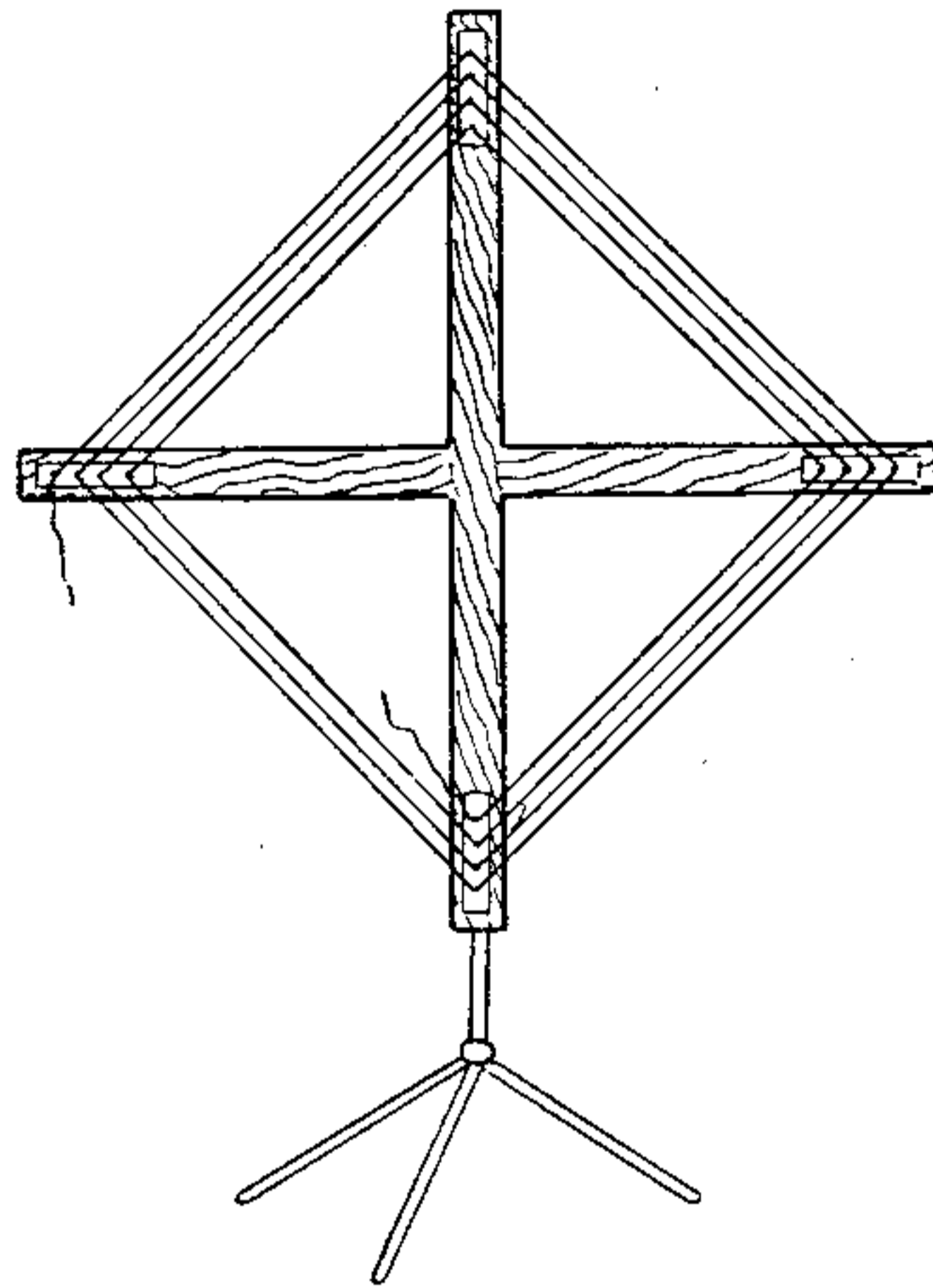



Fig. 77.

del posto trasmettitore, si ha l'effetto massimo; quando invece è perpendicolare si ha l'effetto minimo. È quindi necessario sospendere il quadro, in modo da poterlo orientare in tutte le direzioni.

Praticamente è più facile, all'orecchio, distinguere il minimo d'intensità dei segnali, che il massimo. Si ricerca allora la posizione di detto minimo, che teoricamente dovrebbe

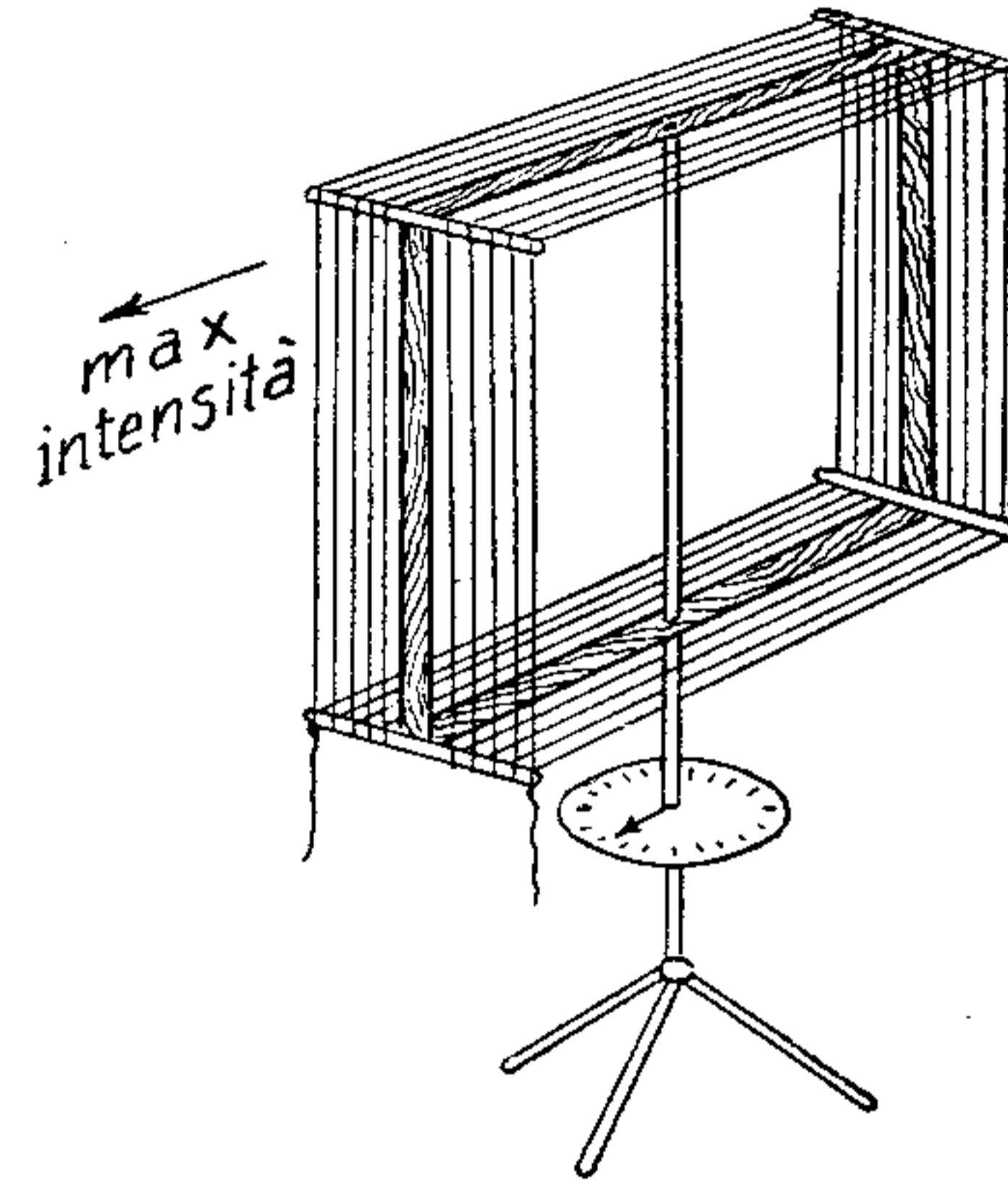



Fig. 78.

essere di silenzio; per avere la direzione vera, si deve prendere quella perpendicolare alla cercata. Naturalmente, come è noto, essendo il quadro un circuito chiuso, non possedendo quindi le qualità di irradiazione, non può essere applicato alla trasmissione.

Anche in ricezione non è un efficace raccoglitore di onde. Data però la sensibilità degli odierni amplificatori, è possibile ricevere su quadro anche delle trasmissioni lontanissime. Uno dei vantaggi della ricezione su quadro è quello di aumentare la selezione delle stazioni. Infatti, una trasmissione di lunghezza d'onda che potrebbe interferire con quella che vogliamo ricevere, può essere eliminata ruotando il quadro stesso.

Un altro vantaggio è quello di esser poco sensibile alle scariche atmosferiche e di permettere quindi la ricezione anche con temporali, burrasche atmosferiche, ecc.; ciò che non sarebbe possibile con un'antenna ordinaria.

PARTE II.

COSTRUZIONE E MONTAGGI PRATICI

CAPITOLO I.

COSTRUZIONE E MONTAGGI PRATICI

ANTENNA.

Di tutti i tipi descritti antecedentemente, le antenne che meglio si prestano per la costruzione da parte del dilettante, sono quelle ad un solo filo od unifilari, e quelle bifilari. La loro lunghezza deve essere tale da permettere una buona ricezione, e non deve eccedere certi limiti, oltre i quali i disturbi aumenterebbero in modo tale da rendere nullo il vantaggio della maggiore lunghezza.

Un filo di 20 a 30 metri, teso fra due pali, ad una altezza di 5 a 10 m. sul tetto di una casa, permette la ricezione di tutti i posti europei, ed anche di quelli americani.

Benchè per la ricezione l'isolamento dell'antenna può anche non essere molto grande, è bene però curarlo in modo che le perdite siano minime. Si adoperano perciò dei buoni isolatori posti in catena. Una forma nota di isolatori è quella della fig. 79.

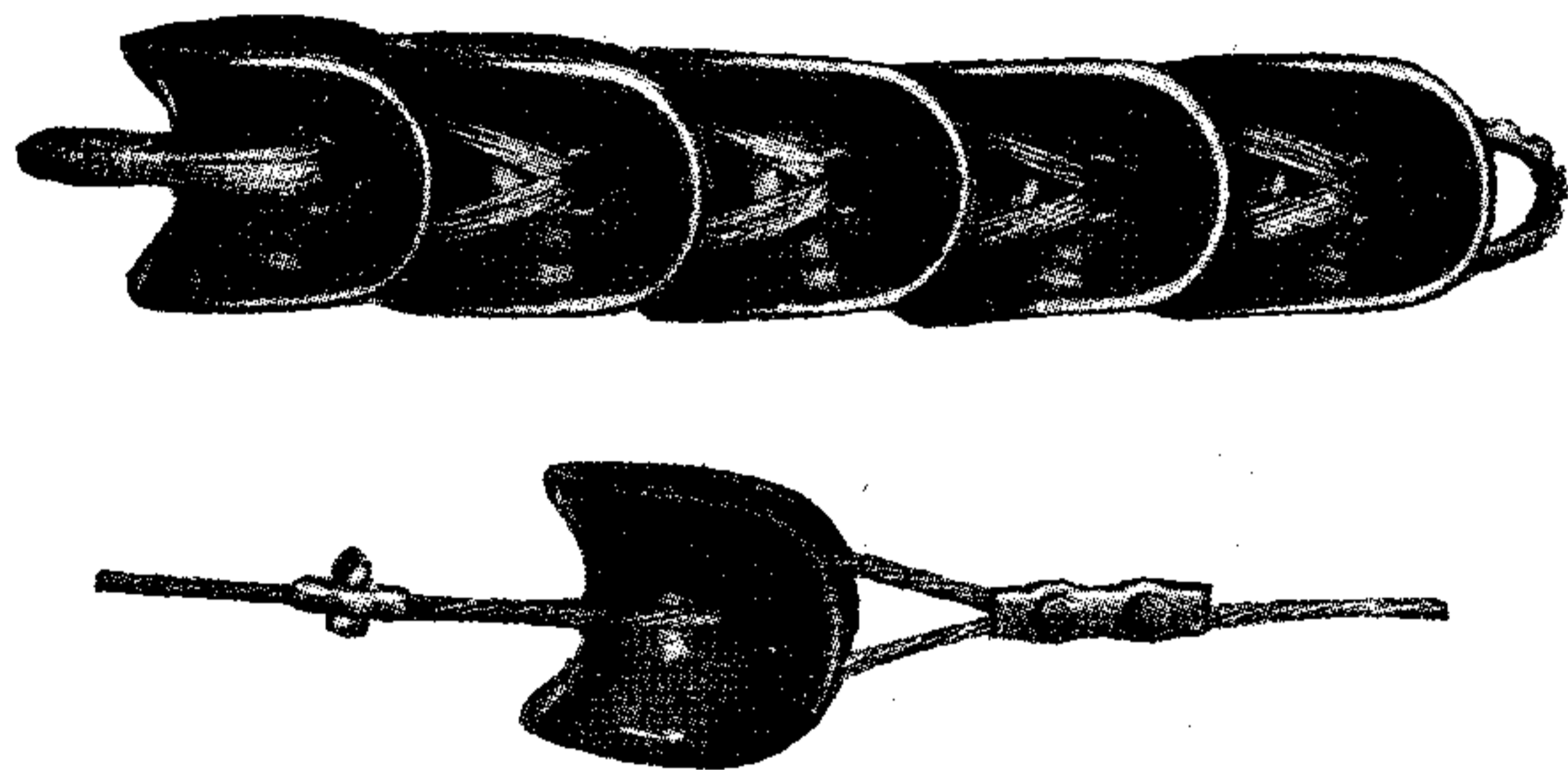



Fig. 79.

Si potranno però costruire degli isolatori con dei bastoni di ebanite, legati l'uno all'altro. Tali bastoni possono avere la lunghezza di 20 cm. circa e il diametro di 2 cm.

Il filo dell'aereo deve essere di rame e del diametro di 5/10 a 2 mm., a seconda della lun-

ghezza. È bene che il filo disti il più possibile dai muri e da altri corpi. La discesa dell'antenna deve essere pure distante dalle grondaie dei tetti e da altri corpi metallici, e l'entrata in stazione deve essere ben isolata. Si farà a tale scopo nel telaio di una finestra, un foro del diametro di un cm. circa, in cui si farà passare un filo di rame con grosso isolamento di cautciù (tipi usati per l'accensione nelle automobili). Meglio ancora, se si può utilizzare un telaio di un vetro della finestra, per sostituirvi un quadro di legno con un adatto passante in porcellana.

È bene che tutte le connessioni del filo d'antenna siano saldate.

Nel tipo bifilare, le pennole od aste che tengono distanti i fili l'un dall'altro, devono essere lunghe da 1 a 2 m. Le connessioni dei fili e la disposizione degli isolatori, si faranno come in fig. 20. L'entrata dell'antenna è sempre un filo unico.

Per antenne a più fili, è bene tener presente che la distanza fra l'uno e l'altro non deve esser minore di 1 metro.

Terra.

Questa dovrebbe essere costituita da lastre di zinco interrate a 50 cm. circa nel suolo. Se però si può disporre di un pozzo, si potrà realizzare una buona terra, immergendo nell'acqua una grossa scatola di latta a cui sia saldato un filo di rame. Disponendo di una conduttura d'acqua o di gas (preferibile l'acqua), ci si potrà attaccare a questa. È bene che il contatto sia saldato.

Si tenga presente che la terra deve avere la minor resistenza possibile: è bene quindi che il conduttore che lega gli apparecchi alla terra, sia di grande sezione. Quando non si adoperano gli apparecchi si deve mettere l'antenna in comunicazione con la terra; ciò per evitare che eventuali perturbazioni atmosferiche possano produrre dei danni. La cosa diventa necessaria quando vi siano temporali vicini.

Quadri.

Ve ne sono di due tipi, che servono ugualmente bene allo scopo. Il primo ha le spire tutte in un piano, ed il secondo no (vedi figure 77 e 78). Il primo ha quindi delle proprietà direttive migliori del secondo. Le forme dei quadri sono parecchie, e quelle che maggiormente si prestano alla facile costruzione, sono appunto quelle date. Il numero di spire che si possono avvolgere è maggiore nel secondo tipo che nel primo, così che quest'ultimo si presterà meglio per le onde corte. Il filo che si deve adottare deve avere un diametro non inferiore ai 4/10 di mm. Meglio se il filo è anche più grosso, e può essere coperto in seta o cotone, od anche scoperto purchè l'isolamento sia ben fatto. Infatti le spire devono distare qualche millimetro l'una dall'altra e tanto più quanto le lunghezze d'onda che si devono ricevere sono piccole.

Il filo si avvolgerà facendo attenzione che le spire vengano ugualmente tese. Per poter

utilizzare il medesimo quadro per vari limiti di lunghezze d'onda, si potranno fare delle prese, connesse a delle spine o ad un commutatore. Meglio se invece delle prese si fanno degli avvolgimenti non continui che si mettono in serie quando si voglia usare un numero maggiore di spire. Tale disposizione ha lo scopo di non lasciare in circuito delle spire inutilizzate, come si ha nel primo caso, ciò che portava un lieve assorbimento di energia.

Diamo qui il numero delle spire da avvolgere per quadri di m. 1,20 di lato, e per le varie lunghezze d'onda ottenibili con un condensatore variabile posto in derivazione agli estremi del quadro.

l.	*spire*	*cond. in μfd.*
200-500	8	0,0005
500-1500	20	0,0005
1500-5000	60	0,001
5000-15000	120	0,002
15000-23000	160	0,002

Altri suggerimenti costruttivi possono venire dall'ingegnosità del costruttore. Si possono infatti avvolgere le spire sopra il telaio di una porta, e far girare questa per l'orientamento; oppure, quando si voglia ricevere da una sola direzione, si può fare l'avvolgimento sopra dei blocchetti di legno fissati alla parete di un muro, ecc.

Apparecchi di accordo.

È noto come per la sintonizzazione, od accordo di un circuito oscillante, siano necessarie delle induttanze o self e delle capacità. Si comprende poi come per avere delle variazioni con continuità, sia necessario avere per lo meno o l'induttanza o la capacità variabili in modo continuo.

Praticamente sono usati entrambi i metodi; ma oggi, si preferisce, entro certi limiti di lunghezze d'onda, tener fissa la bobina di self e fare il condensatore variabile.

Solo per onde corte si hanno circuiti speciali, in cui si varia con continuità l'induttanza (variometri).

INDUTTANZE O SELF O BOBINE D'ACCORDO.

Esse sono costituite da un avvolgimento di filo di rame, in modo da formare un solenoide, e la cui forma dipende dal modo di avvolgimento delle spire. Il tipo più semplice di tale avvolgimento è quello in cui le spire di filo sono avvolte l'una vicina all'altra sopra un tubo cilindrico di materiale isolante. Il filo non deve avere una sezione troppo piccola per non offrire troppo resistenza; nè deve essere troppo grande, per non aumentarne il peso e per non aumentare le perdite dovute alla capacità fra spira e spira. Il diametro del filo normalmente usato varia dai 4/10 ai 7/10 di mm. L'isolamento di tale filo può essere lo smalto, il cotone o la seta. È preferibile il doppio rivestimento di cotone. Però per un tipo semplicissimo di bobina in cui il rendimento è però basso ed in cui le variazioni dell'induttanza sono ottenute mediante un cursore che scorre sopra le spire denudate dell'isolamento, si presta bene il filo smaltato.

Le dimensioni di una tale bobina sono le seguenti: sopra un tubo di cartone del diametro di 8 cm. verniciato di gomma lacca e lasciato essiccare, si avvolgono le spire di filo smaltato di $^{6}/_{10}$ di mm. fino ad avere un avvolgimento della lunghezza di 25 a 30 cm., facendo attenzione che le spire siano ben serrate. Finito l'avvolgimento, si possono applicare due dischi di legno, o testate, al tubo, e su queste montare due serrafili a cui saranno collegati i capi dell'avvolgimento fatto. Si tratta ora di applicare il cursore che può avere diverse forme simili ai tipi usati per le resistenze a cursore ed a cui è applicata una lama elastica di ottone o meglio di manganina, che deve fare contatto colle spire della bobina. È necessario perciò che queste ultime non siano ricoperte dell'isolamento soltanto dove deve passare il cursore. Con un raschietto si toglierà quindi lo smalto lungo tutta una generatrice del cilindro (fig. 80 *a*). La bobina terminata è allora simile alla fig. 80 *b*.

Si possono applicare anche due o più cursori, sempre nel modo descritto, per poter

utilizzare la bobina in speciali circuiti di accordo.

Invece di fare i contatti con cursori, è preferibile, benchè le variazioni d'induttanza

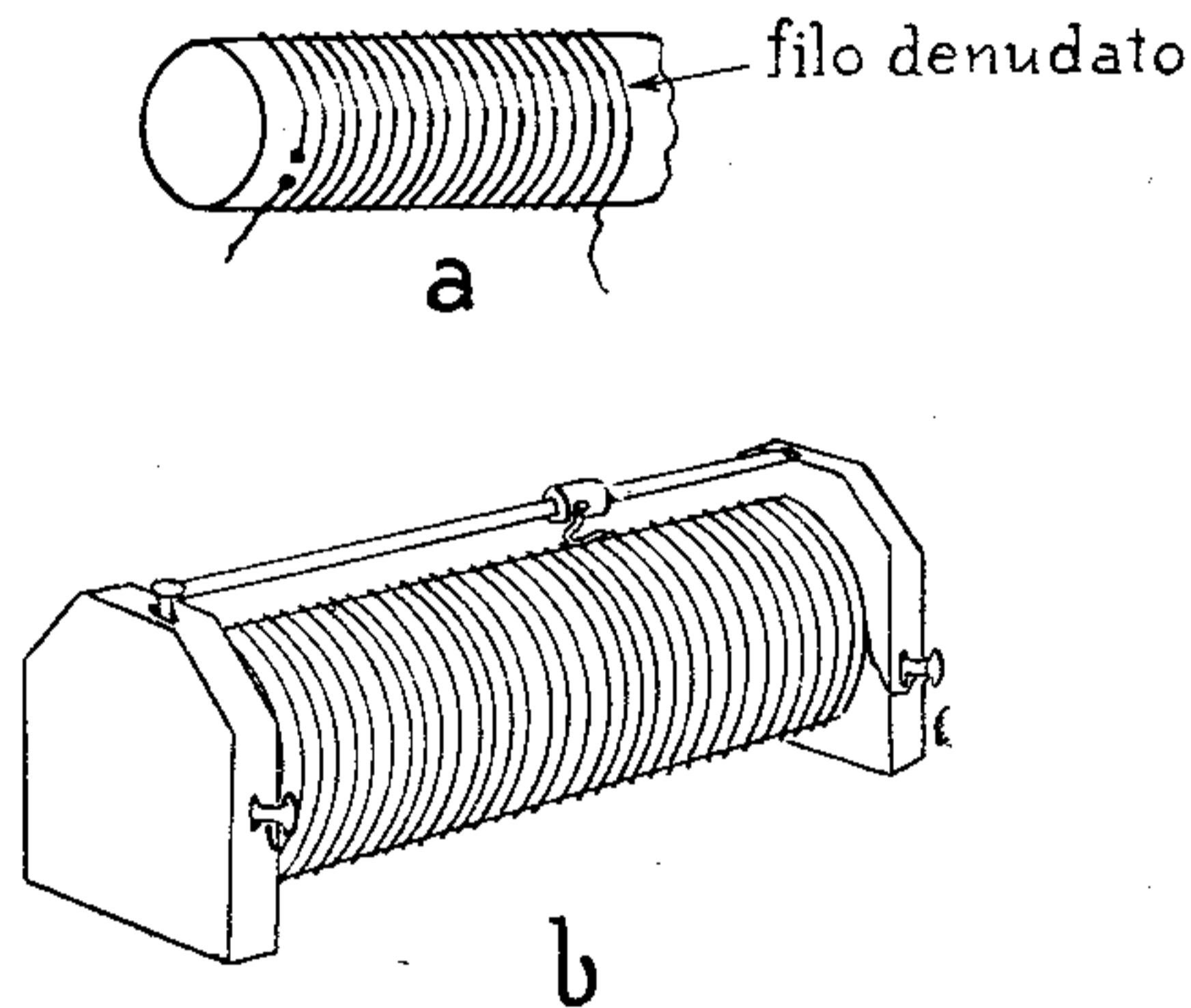



Fig. 80.

siano meno continue, di fare delle prese ogni 10 spire dell'avvolgimento, e connettere ogni presa con un bottone di ottone. Una manopola con una levetta farà successivamente contatto coi bottoni (fig. 81).

Il contatto, in questo modo è molto più

sicuro che non col cursore, ed evita il consumo del filo costituente le spire, dovuto al continuo strisciamento del cursore sulle spire stesse.

Le prese si fanno saldando un pezzo di filo di rame di diametro uguale o maggiore di quello usato per l'avvolgimento, col filo formante la spira su cui si desidera fare la presa.

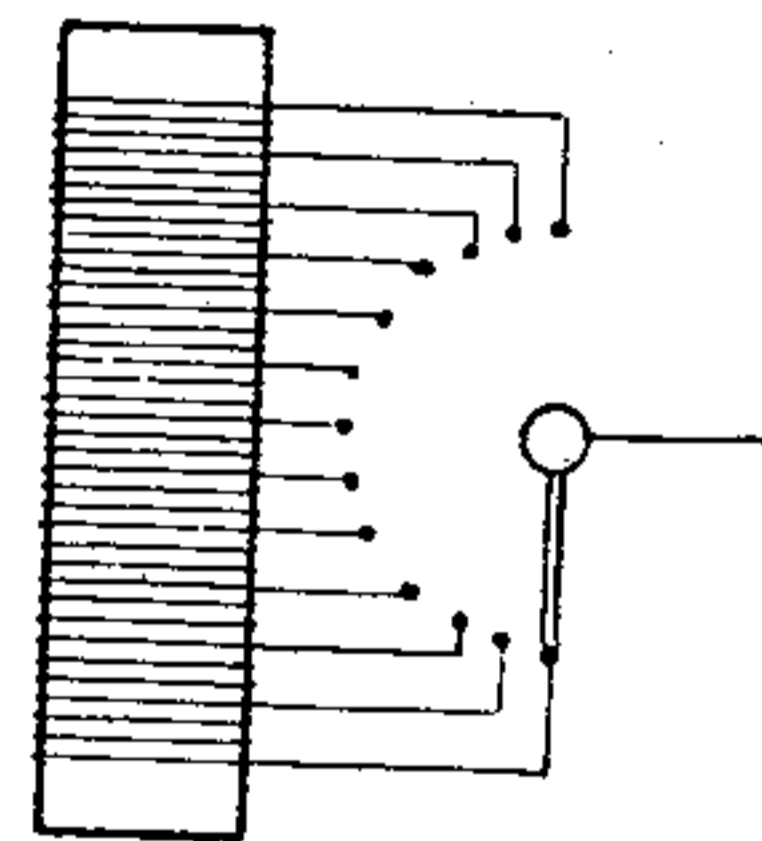



Fig. 81.

Si preparerà una bacchetta di ebanite o di fibra di sezione rettangolare di 0,5 × 1 cm., e lunga quanto la bobina e avvolte 10 spire sul tubo di cartone, la si disporrà in modo che la 10ª spira si accavalli sopra la bacchetta; si procederà quindi coll'avvolgimento sul cilindro, e dopo altre 10 spire si spingerà in avanti la bacchetta affinchè la 20ª spira si

accavalli su questa, e così via. Terminata la bobina, si avranno sulla bacchetta le spire a cui si desidera saldare le prese, ciò che sarà fatto più facilmente che se le spire fossero state avvolte tutte ugualmente. La fig. 82

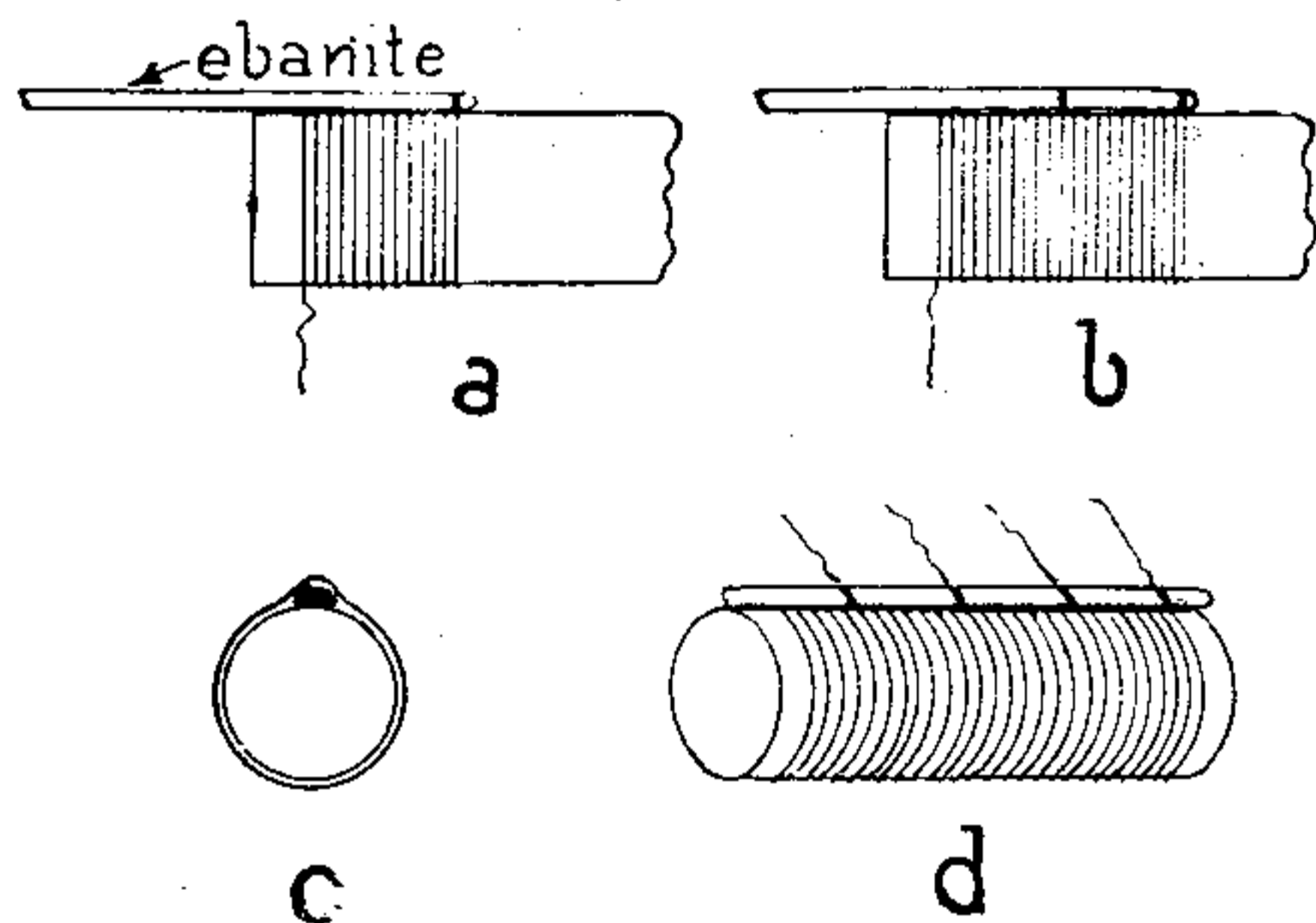



Fig. 82.

rappresenta i diversi stadi di costruzione, e la bobina ultimata.

Bobina a fondo di paniere.

Un altro tipo di bobina d'accordo è quello chiamato a *fondo di paniere* od a *tela di ragno*

per la forma che viene ad assumere quando è terminata. Oltre ad una economia di spazio, si ha anche un buon rendimento, dovuto al fatto che le spire non sono parallele le une alle altre, e quindi la capacità fra spira e spira è molto diminuita. Tale capacità è

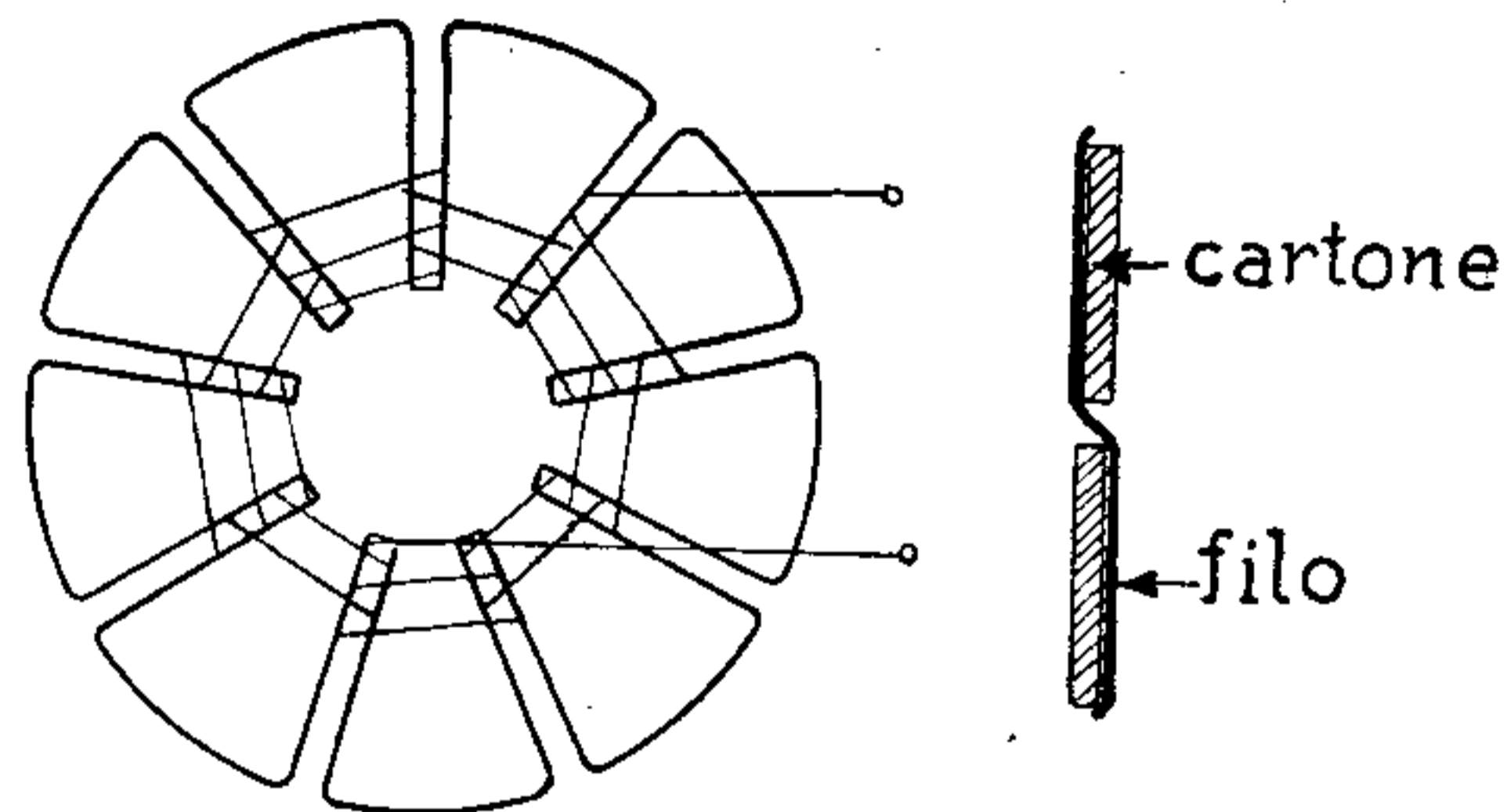



Fig. 83.

dannosa, ed è bene eliminarla quanto più è possibile. È per ciò che tali bobine sono adottate specialmente per la ricezione di onde corte.

L'avvolgimento è fatto sopra un disco di cartone o di presspan dello spessore di 2 mm. tagliato secondo i raggi, in un numero dispari

di parti, come in fig. 83. Il diametro del disco può variare a seconda del numero di spire, e di solito è di 10 a 20 cm.

Il filo vien passato prima da una parte del disco, e poi dall'altra successivamente per ogni settore. Il filo da impiegarsi può essere a copertura in seta o cotone, ma è preferibile quest'ultimo. Il diametro può variare da 0,2 mm. a 0,6 o 0,7 mm. a seconda dell'uso che deve esser fatto della bobina. È bene non dare nessuna verniciatura di gomma lacca alle bobine finite.

Bobine piatte a spirale.

Servono bene per lunghezze d'onda superiori ai 2000 m. e sono formate da 3 dischi di cartone, di cui due di grande diametro. I 3 dischi sono tenuti insieme da una vite o sono incollati. Il disco di minor diametro è posto fra gli altri due ed il suo spessore varia a seconda della lunghezza che si suol dare alla bobina (fig. 84). Praticamente varia da 3 mm. a 8 mm. circa. Il filo viene fatto passare at-

traverso un foro fatto in un disco grande e viene quindi avvolto nella gola formata dai dischi. Non è da preoccuparsi del modo con cui le spire si avvolgono anche se si sovrappongono disordinatamente.

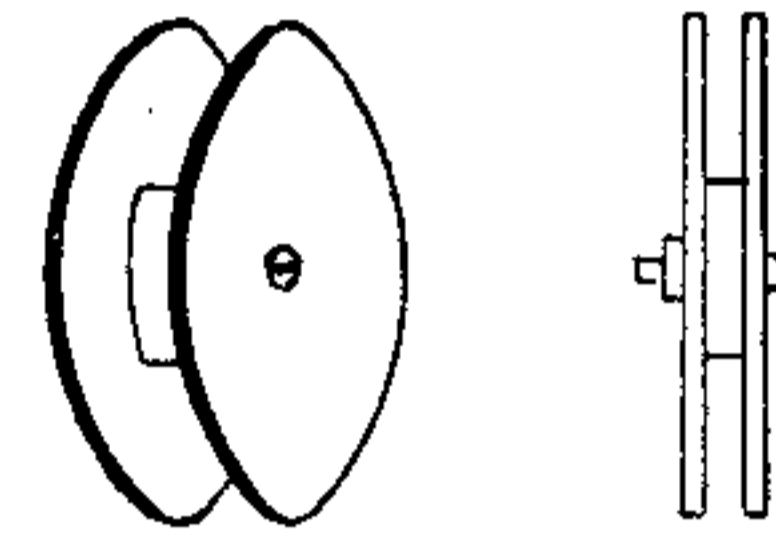



Fig. 84.

Il filo ha il medesimo diametro ed è del medesimo tipo che per le precedenti.

Vi sono anche altri tipi di bobine dette honey comb (nido d'api) che però non si prestano ad una costruzione facile da parte di un principiante.

Calcolo delle induttanze.

L'unità di misura dell'induttanza è l'henry. 1 microhenry (milionesimo di henry) = 1000 unità C. G. S.

Per le bobine cilindriche, la formula che ci dà l'induttanza è:

L = induttanza in centimetri C.G.S. = $= K (\pi d u)^2 l$ dove:
d = diametro della bobina in cm.
n = numero spire per centimetro.
l = lunghezza della bobina in cm.
k = coefficiente che varia col rapporto $\frac{d}{l}$

e precisamente:

per $\frac{d}{l}$ compreso fra 0,01 e 0,10 k = 0,978
» » » » 0,10 e 0,50 » = 0,900
» » » » 0,5 e 1,00 » = 0,750
» » » » 1 e 5 » = 0,470

Per le bobine a fondo di paniere si ha invece:

L (centimetri C. G. S.) $= 20 \quad n^2 \quad R$

dove:

n = numero di spire
R = raggio della spira media.

Tale formula è approssimata ma è sufficiente per gli scopi del dilettante.

Per il tipo a spirale è più difficile avere

una buona approssimazione del valore dell'induttanza.

Approssimativamente, è:

$$\mu h. \quad L = 0{,}001 \quad r \quad N^2 \quad (A - B)\, C$$

dove

r = raggio medio dell'avvolgimento in cm.
l = lunghezza in cm.
s = spessore in cm.
N = numero totale di spire
a = sezione del filo nudo in mm².

Calcolati i rapporti

$$\frac{p}{l} \cdot \frac{s}{l} \text{ ed } f = \frac{Na}{s\,l}$$

si hanno i corrispondenti valori A, B e C (quest'ultimo in funzione di f) che vanno sostituiti nella formola suddetta.

$\frac{p}{l}$ e $\frac{s}{l}$	A	B	$f = \frac{Na}{lC}$	C
0,01	0,4	0,14	0,03	2
0,02	0,75	0,25	0,05	1,5
0,03	1,1	0,37	0,10	1,26
0,0	1,8	0,6	0,10	1,26
0,1	3,7	1,2	0,15	(1,15)
0,2	7	2,4	0,20	(1,07)
0,3	9,5	3,4	0,25	1,03
0,5	13,5	5	0,30	1,01
1,0	20	8	0,35	1,00
2,0	33	14		
3,0	37	16		
5,0	45	23		
10	52	35		
20	65	42		
30	70	47		
50	75	52		
95	80	70		

Condensatore.

Praticamente è formato da lastre metalliche separate da un dielettrico che può essere aria, mica, ebanite, carta paraffinata, ecc.

I condensatori possono essere fissi o variabili: i primi sono di facile costruzione, mentre i secondi è consigliabile acquistarli.

Per il tipo fisso si sceglierà come dielettrico

la mica. Ritagliato un rettangolo, delle dimensioni volute, da un foglio di mica dello spessore di 1/10 di mm. circa, si incolleranno da una parte e dall'altra del foglio, delle striscie di stagnola di dimensioni più piccole del foglio di mica (fig. 85). Volendo avere maggiori capacità è necessario porre diversi con-

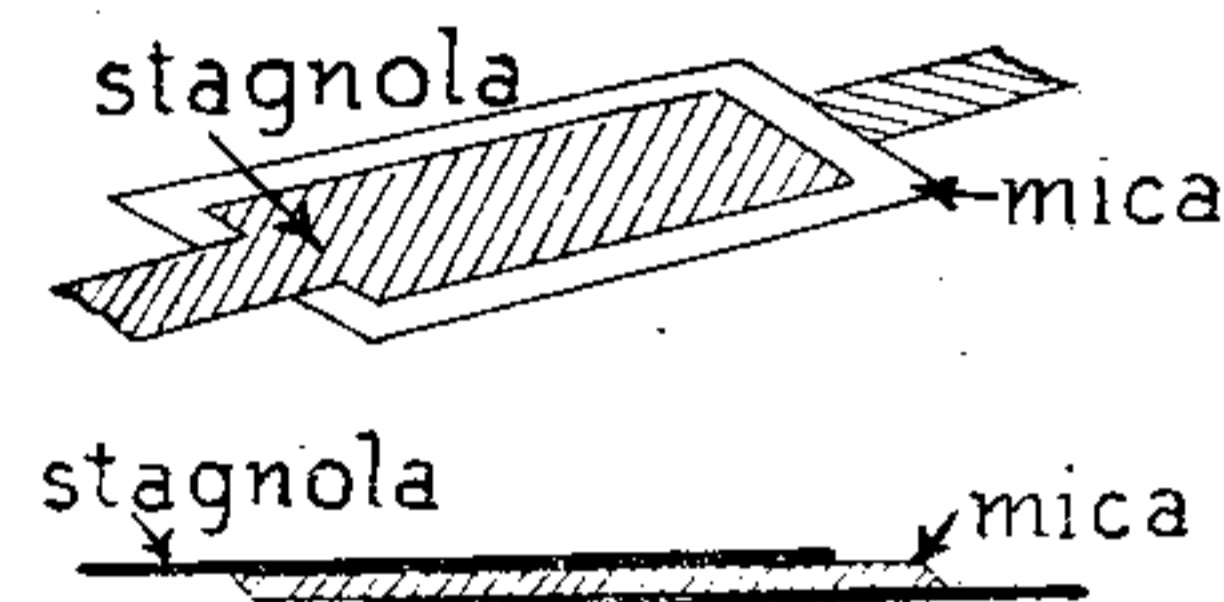



Fig. 86.

densatori in parallelo. Si ritagliano allora parecchi fogli di mica tutti uguali e si separano con fogli di stagnola che sporgeranno alternativamente da una parte e dall'altra dei fogli di mica. Tutte le armature di stagnola che sporgono da una parte devono essere riunite fra di loro e per non avere delle variazioni di capacità è bene comprimere l'insieme del condensatore così costruito.

A tale scopo vi sono parecchi sistemi di cui il più usato è quello della fig. 86 che è costituito da due lastre di ebanite od altro materiale isolante fra cui viene compresso il condensatore le cui armature sono fissate a due morsetti.

I condensatori variabili sono pressochè tutti

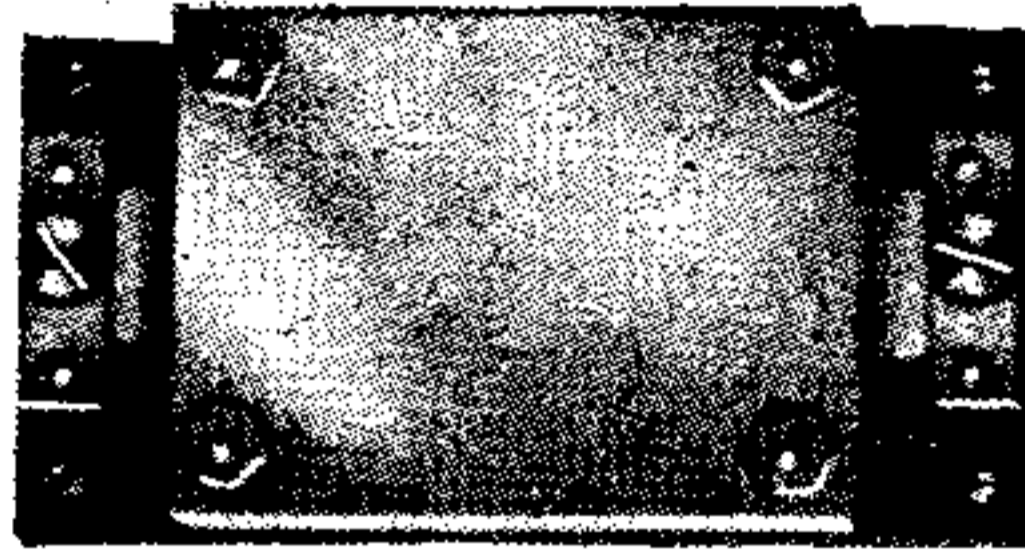



Fig. 86.

con dielettrico ad aria e si basano sul principio che variando le superfici metalliche affacciate formanti le armature del condensatore, si varia la capacità di questo. Un tipo molto usato è quello della fig. 87 in cui la parte fissa è l'armatura fissa e l'altra connessa alla manopola è la rotante e porta tutte le lastre mobili che vanno ad interporsi fra le fisse pur rimanendo isolate da queste. Si

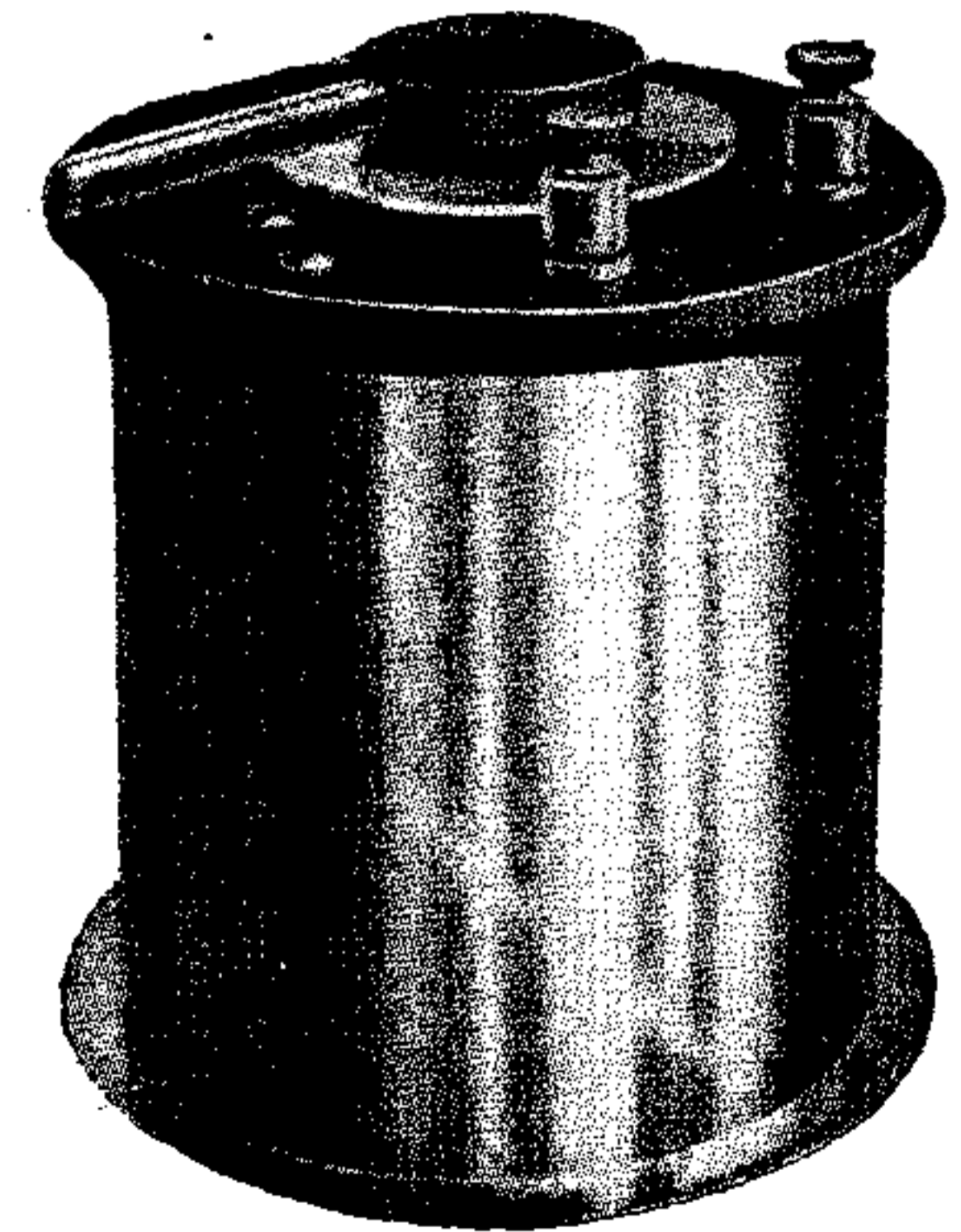
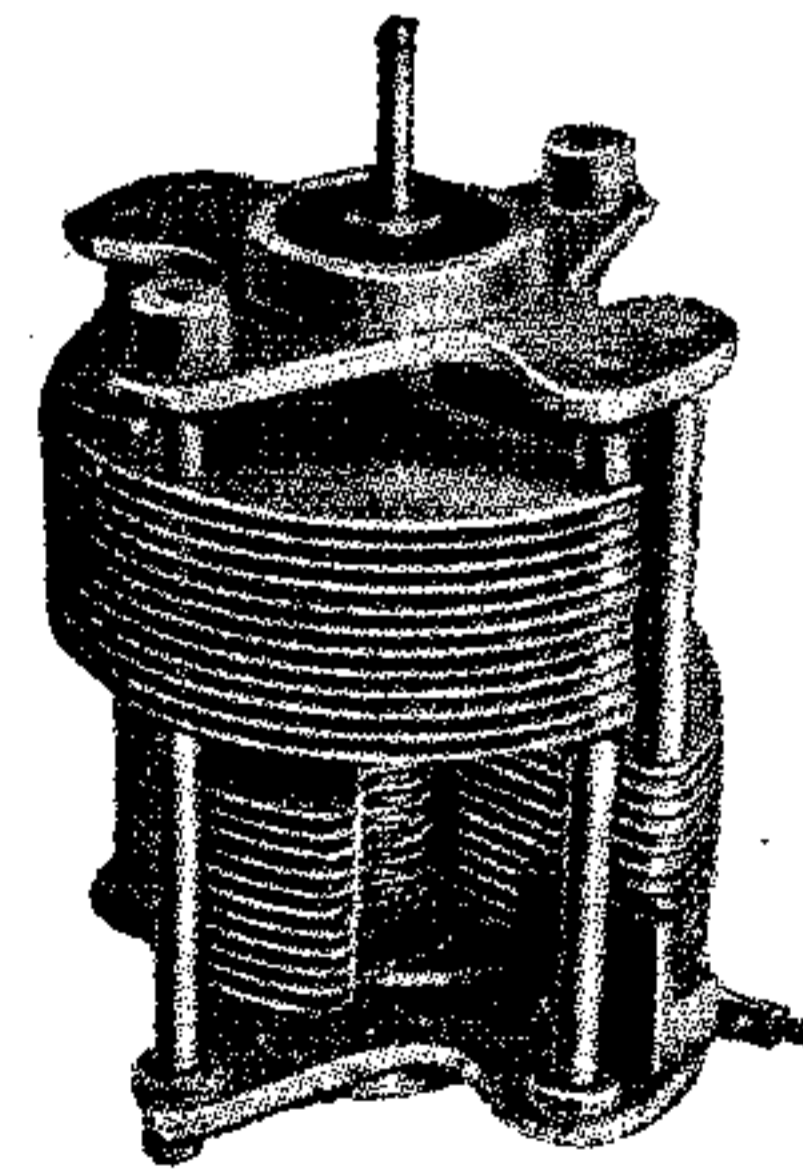
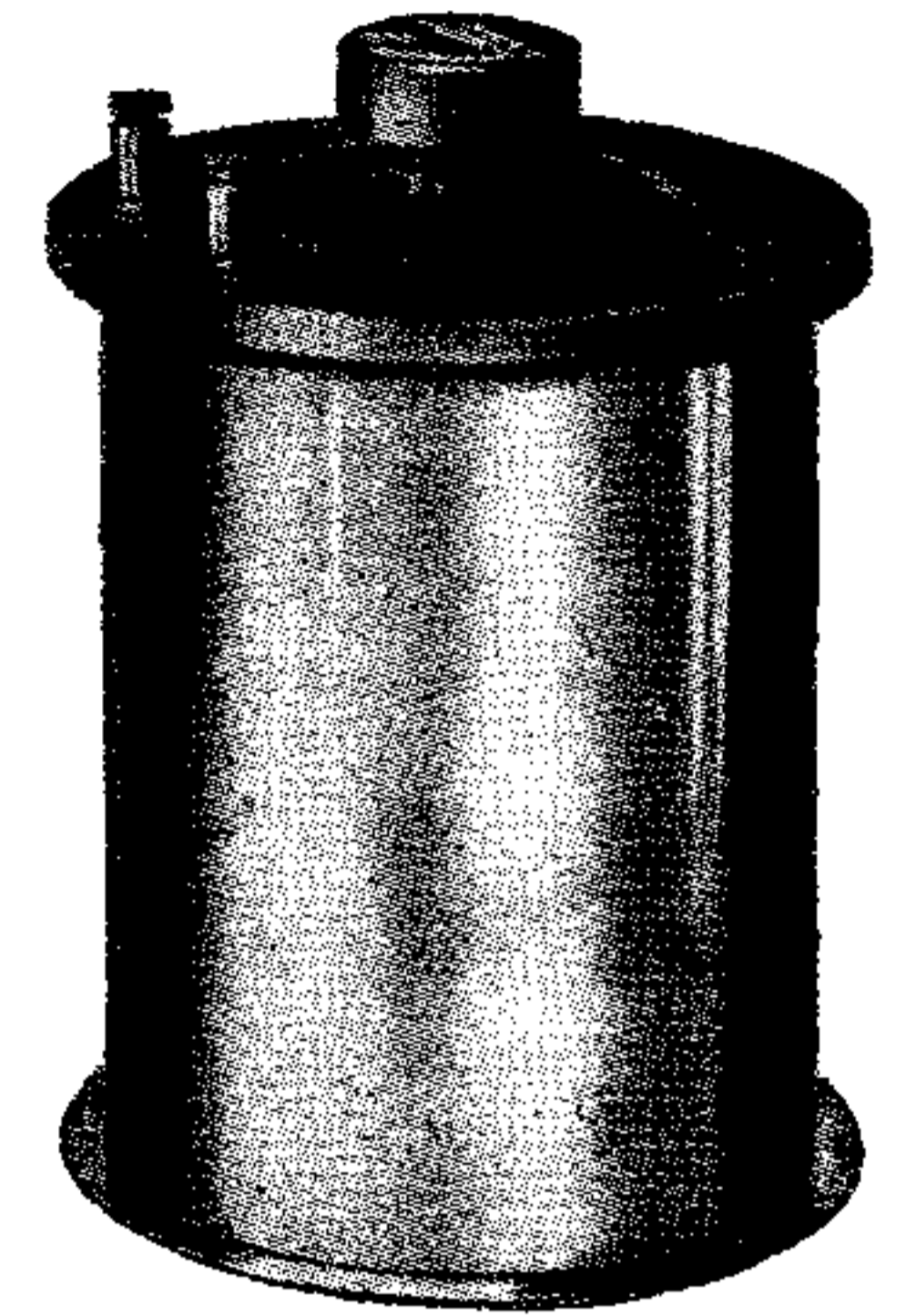
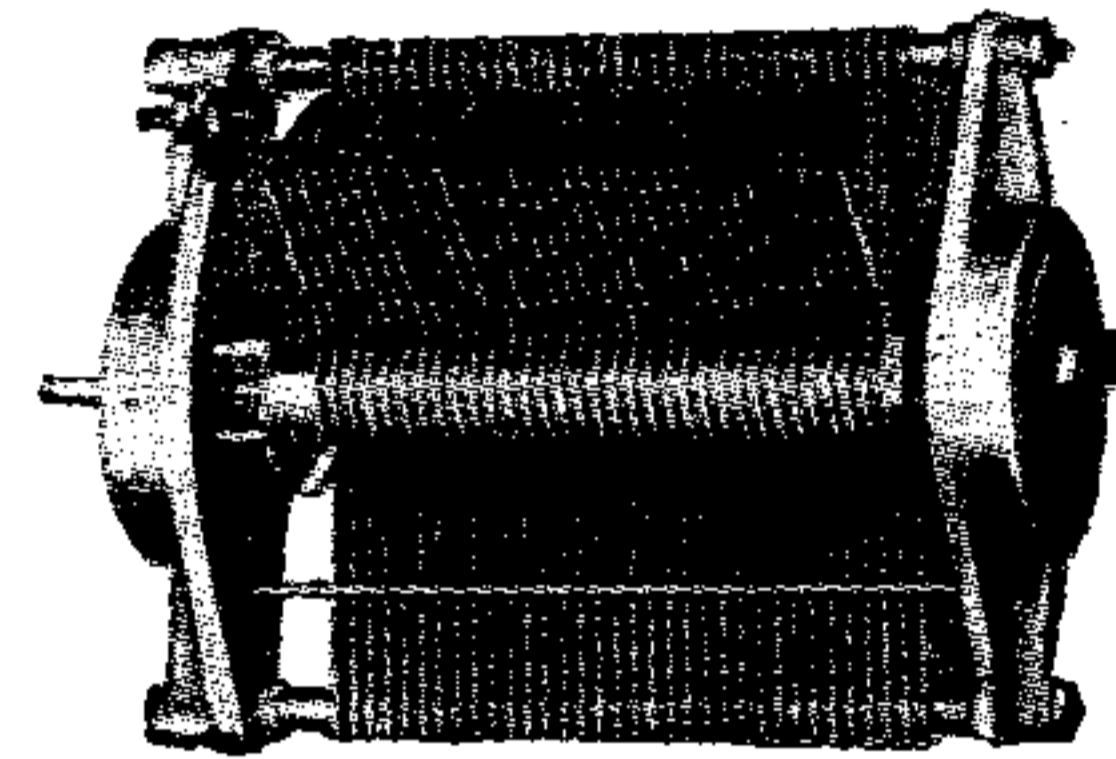



Fig. 87.

comprende che la capacità è massima quando le placche mobili sono internamente alle

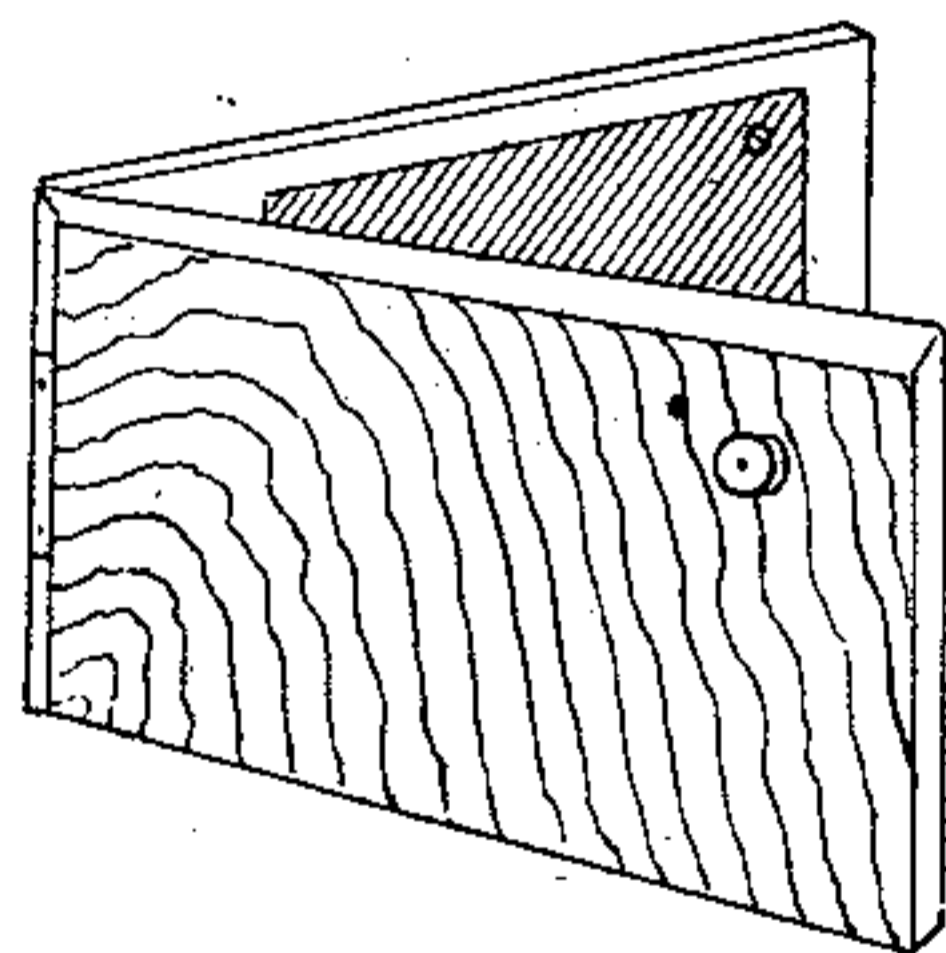
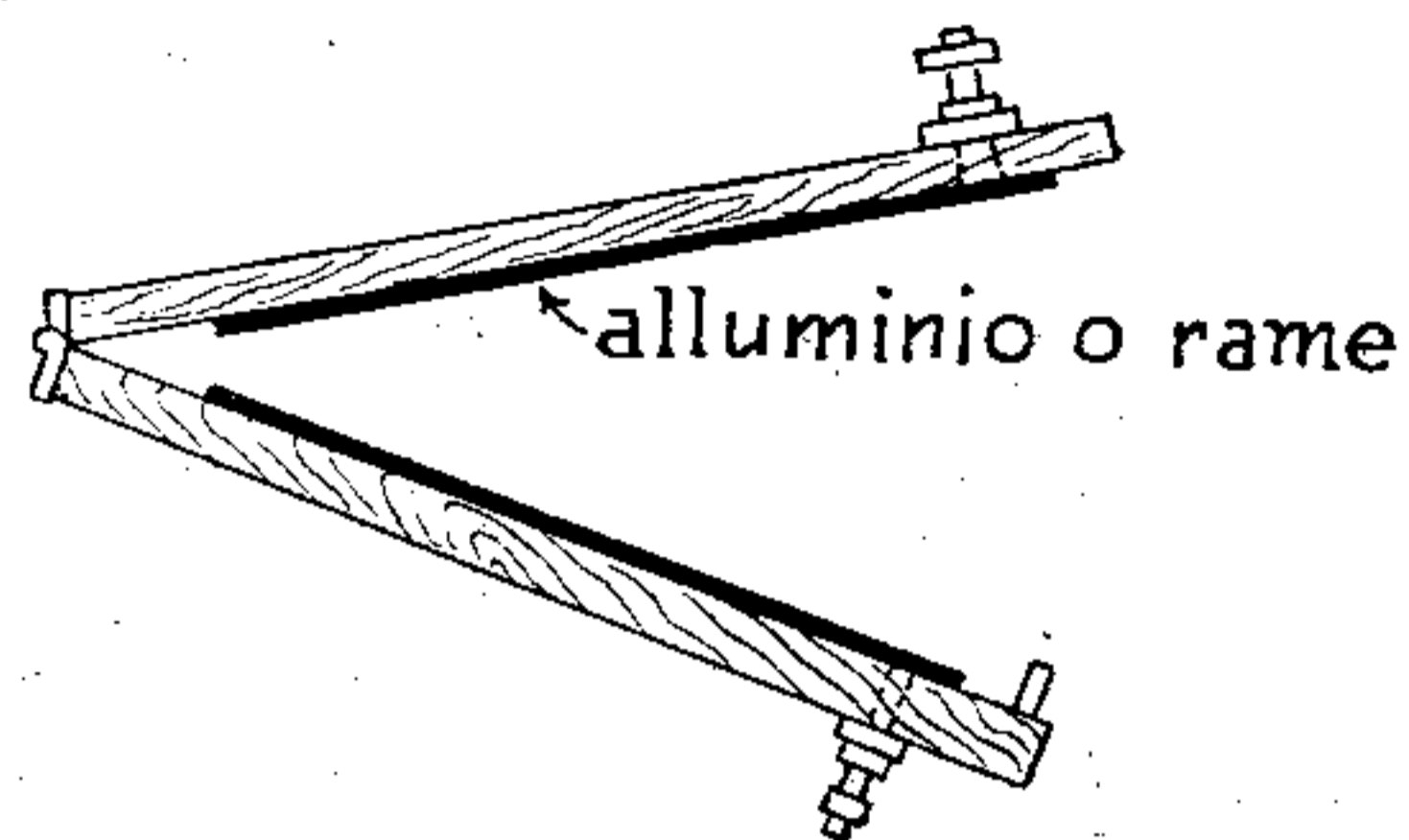



Fig. 88.

fisse e viceversa. Come si è detto un tale condensatore non è facilmente costruibile mentre lo è il seguente, il quale solo si presta

per esperimenti ed apparecchi rudimentali. Esso è detto *condensatore a libro,* per la sua forma. Si compone di due tavolette di ebanite o di legno ben secco e paraffinato, riunite per mezzo di una cerniera. Su ogni lastra è fissato con viti, od incollato, un leggero foglio di alluminio o di rame, che forma l'armatura del condensatore. Tali armature sono poi connesse con dei serrafili. La capacità di un tale condensatore si aumenta avvicinando le tavolette e viceversa (fig. 88).

Il calcolo di un condensatore è teoricamente facile; praticamente è però difficile valutarne il valore esatto, date le dimensioni.

La formula che ci dà C è:

$$\text{(cm. C. G. S.)}\ C = \frac{k\,S}{\pi\,.\,L\,d}$$

dove k è la costante dielettrica, S è superficie in cm^2 delle armature sovrapponentesi e d è lo spessore in cm., del dielettrico. Si tenga presente che:

$$C\ \text{(farad)} = 9\,.\,10^{11}\,C\ \text{(C. G. S.)}.$$

Il valore di k è dato da

Cristallo	$k = 6 \div 10$
Vetro comune	$k = 3 \div 4$
Mica pura	$k = 4 \div 8$
Carta paraffinata	$k = 3,5$
Aria	$k = 1$

È quindi necessario procedere per tentativi, tenendo presente che la capacità aumenta col diminuire della distanza fra le armature (spessore del dielettrico) ed aumenta colla superficie affacciata di queste. L'unità di misura è il farad e l'unità pratica è il microfarad (milionesimo di farad).

Le dimensioni delle varie parti componenti un condensatore della capacità qui indicata, sono le seguenti:

Capacità in microfarad

0,001 lung. delle armature sovrapposte mm. 40
larg. delle armature sovrapposte mm. 60
2 armature separate da 1 foglio di carta paraffinata

0,002 lung. delle armature sovrapposte mm. 40
larg. delle armature sovrapposte mm. 60
4 armature separate da 3 fogli di carta paraffinata

0,004 lung. delle armature sovrapposte mm. 60
larg. delle armature sovrapposte mm. 70
4 armature separate da 3 fogli di carta paraffinata.

Condensatori per amplificatori a resistenze:

Valore approssimativo in microfarad 0,0001
lunghezza armature 10 mm., larg. 15 mm.
2 armature separate da foglio di mica di 0,05 mm. di spessore.

Condensatori di griglia per triodi detector:

Valore approssimato in microfarad 0,00005
lunghezza armature mm. 8, larghezza 8 mm.
2 armature separate da 1 foglio di mica di 0,05 mm. di spessore.

Circuiti oscillanti.

Essi sono formati da una induttanza e da una capacità. Il loro periodo proprio di oscillazione è dato da:

$$T = 2 \pi \sqrt{L C}$$

dove L e C sono i valori in microhenry e microfarad.

La lunghezza d'onda di un tale circuito è:

$$\text{metri } \lambda = 1884 \sqrt{L\,C}$$

È facile quindi, data l'induttanza e la capacità, trovare la capacità e la induttanza necessarie per ottenere una data lunghezza d'onda, con le seguenti formule:

$$L = \frac{\lambda^2}{C\,.\,(1884)^2} = \frac{\lambda^2}{3553225\,.\,C}$$

$$\text{e } C = \frac{\lambda^2}{L\,.\,3553225}.$$

È bene tenere presente che nei circuiti riceventi in generale è meglio ottenere uno stesso valore di λ con una grande induttanza ed una piccola capacità, che non con una piccola induttanza ed una grande capacità.

Quando il circuito oscillante è posto fra l'antenna e la terra, bisognerà tenere conto della capacità di queste, trascurando la induttanza propria. La capacità di una antenna varia a seconda della sua lunghezza e della sua altezza dal suolo.

Praticamente, si può ritenere:

Antenna unifilare di 50 mm.: filo di 1 mm. di diam.

Altezza	m.	2	3	4	5
Capacità in millimicrofarad		0,31	0,3	0,29	0,28

Antenna unifilare 75 m.: filo 1,5 mm. di diametro

Altezza	m.	3	4,5	6	7,5
Capacità in millimicrofarad		0,46	0,45	0,43	0,42

Antenna unifilare 100 m.: filo di 2 mm. di diametro

Altezza	m.	4	6	8	10
Capacità in millimicrofarad		0,62	0,59	0,58	0,56

Antenna bifilare 50 m.: filo di 1 mm. di diametro

Altezza	m.	2	3	4
Capacità in millimicrofarad		0,62	0,59	0,48

Antenna bifilare 75 m.: filo 1,5 mm. di diametro

Altezza	m.	3	4,5	6
Capacità in millimicrofarad		0,51	0,43	0,71

Antenna bifilare 100 m.: filo 2 mm. di diametro

Altezza	m.	4	6	8
Capacità in millimicrofarad		1,01	0,97	0,95

Tali valori si aggiungeranno alla capacità del circuito oscillante, se è posta come in fig. 89 *a* e si calcoleranno come una capacità in serie all'altra, se è come in fig. 89 *b*.

NB. La capacità di due condensatori posti in serie è:

$$C = \frac{1}{\frac{1}{C'} + \frac{1}{C''}}$$

La capacità del circuito oscillante può anche essere sostituita interamente da quella

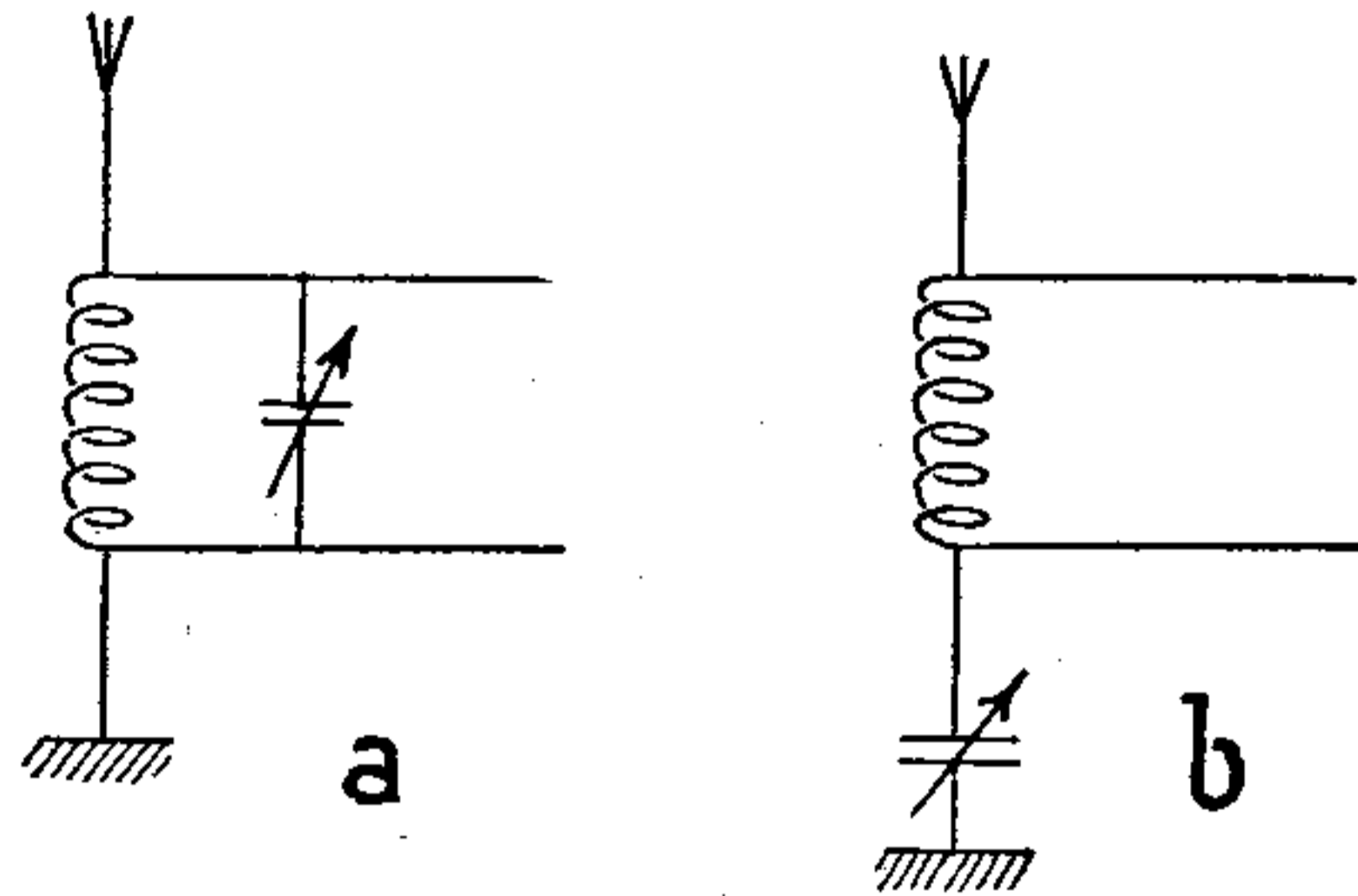



Fig. 89.

dell'antenna e per l'accordo sarà conveniente fare l'induttanza variabile.

Disposizioni pratiche di apparecchi d'accordo.

Nella fig. 90 è rappresentato lo schema di un posto ricevitore in oudin. La bobina d'accordo ha un cursore solo od una sola serie di contatti (fig. 90 *a*) oppure ha in parallelo una capacità variabile di accordo (fig. 90 *b*).

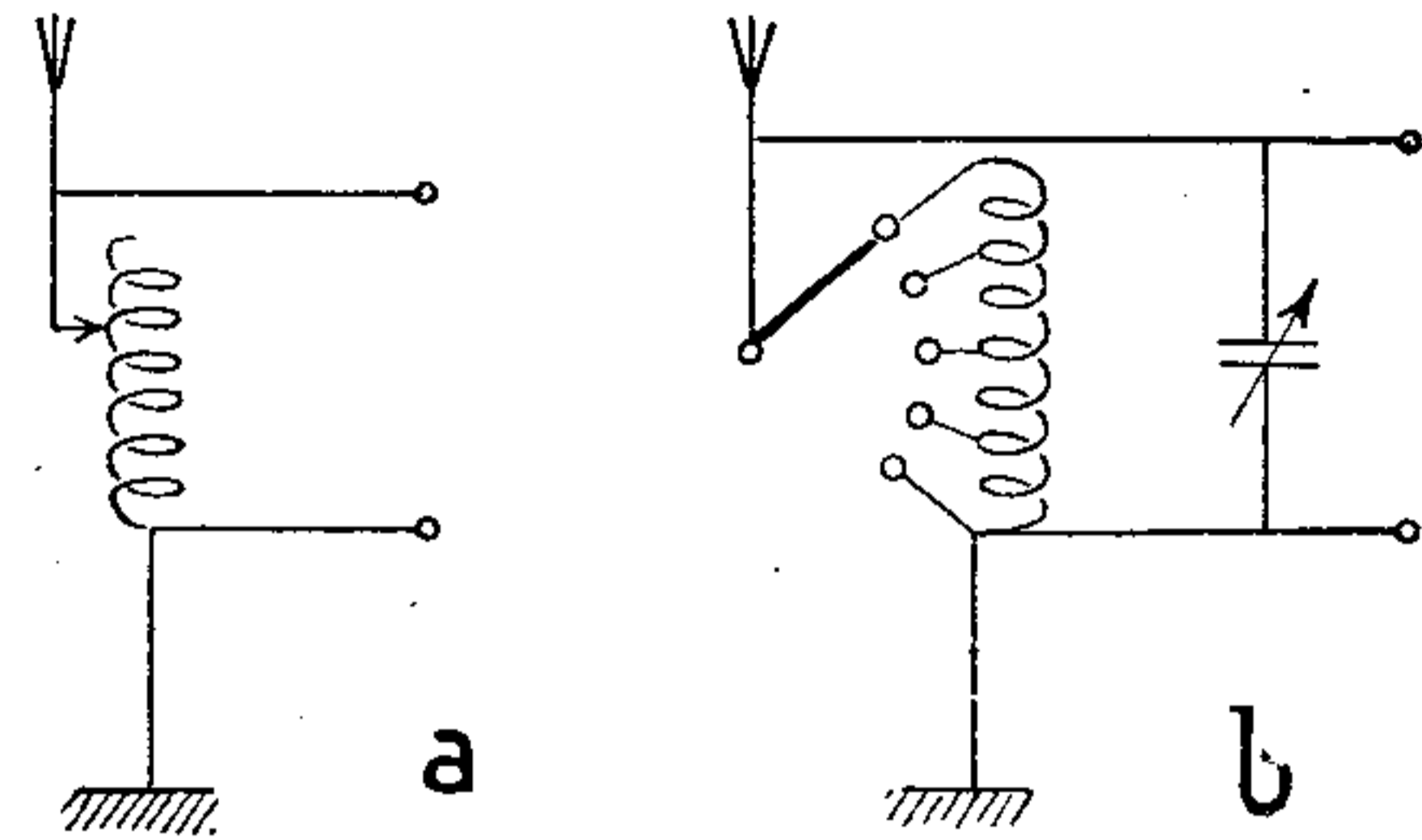



Fig. 90.

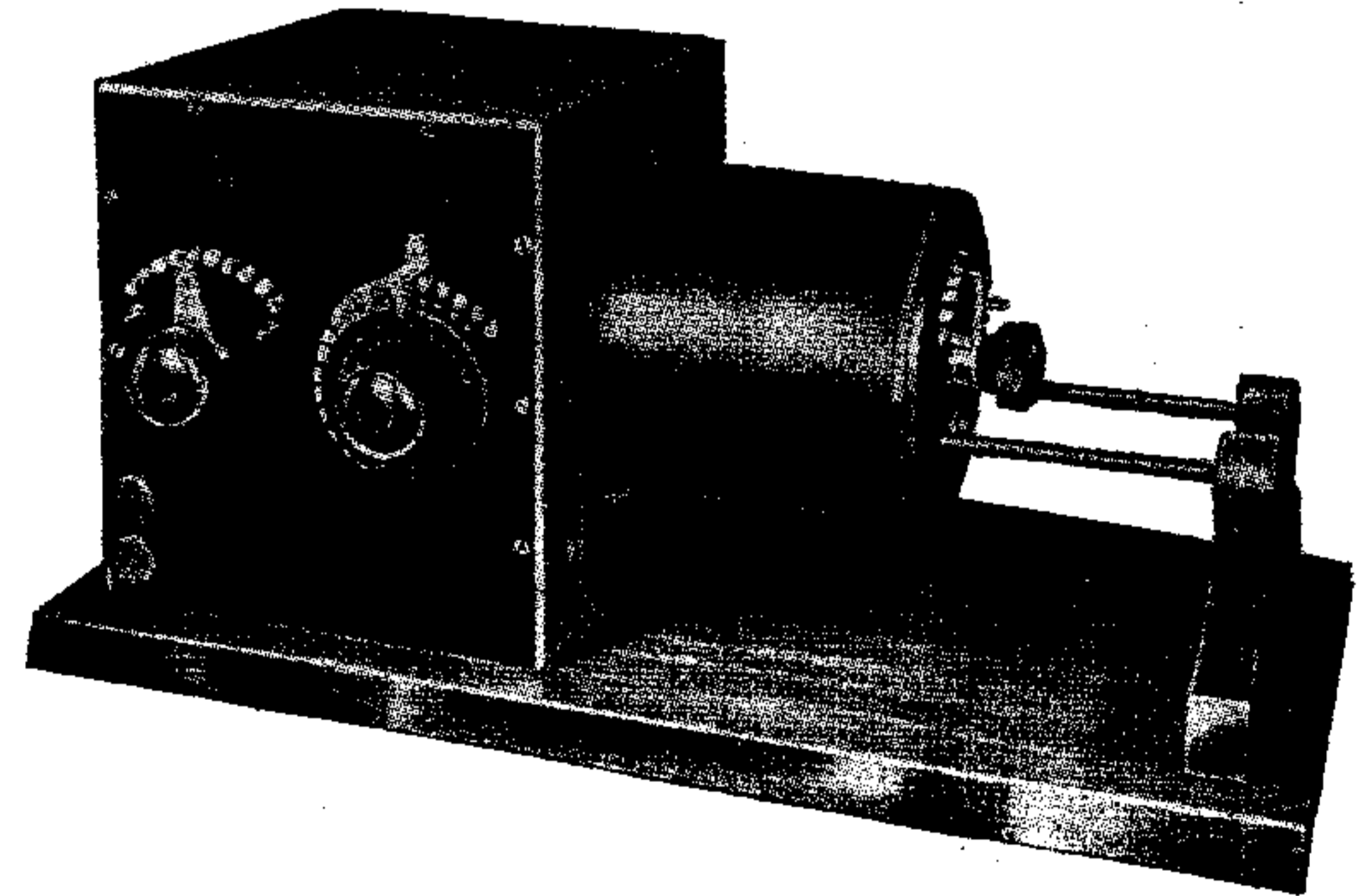



Fig. 91.

Il montaggio in Tesla è ottenuto facendo l'induttanza primaria di diametro maggiore della secondaria, in modo che questa possa introdursi nell' altra, potendo così variare l'accoppiamento.

La fig. 91 rappresenta un tipo di tali apparecchi. Con delle self a fondo di paniere si può costruire un Tesla disponendo due bobine parallele fra di loro e conassiche, oppure montando le due bobine sopra due assicelle a cerniera. Le variazioni di accoppiamento si ottengono variando l'angolo fra le due assicelle, e l'accoppiamento è nullo quando le bobine sono perpendicolari fra di loro.

DETECTOR A CRISTALLI.

Esso non esige nessuna forza elettromotrice ausiliaria ed è sensibile; ha il solo inconveniente di sregolarsi facilmente per cui è necessario, quando si vuol ricevere, cercare un punto sensibile del cristallo.

Non tutti i pezzi di galena sono sensibili e sarà quindi necessario acquistarne dei pezzi

già provati, o farne direttamente la prova. Scelto così il pezzo migliore, lo si fisserà mediante viti in un supporto ad *u* di lastra di ottone. Con un filo di costantana od argentana, si formerà una spiralina di 8 a 10 spire,

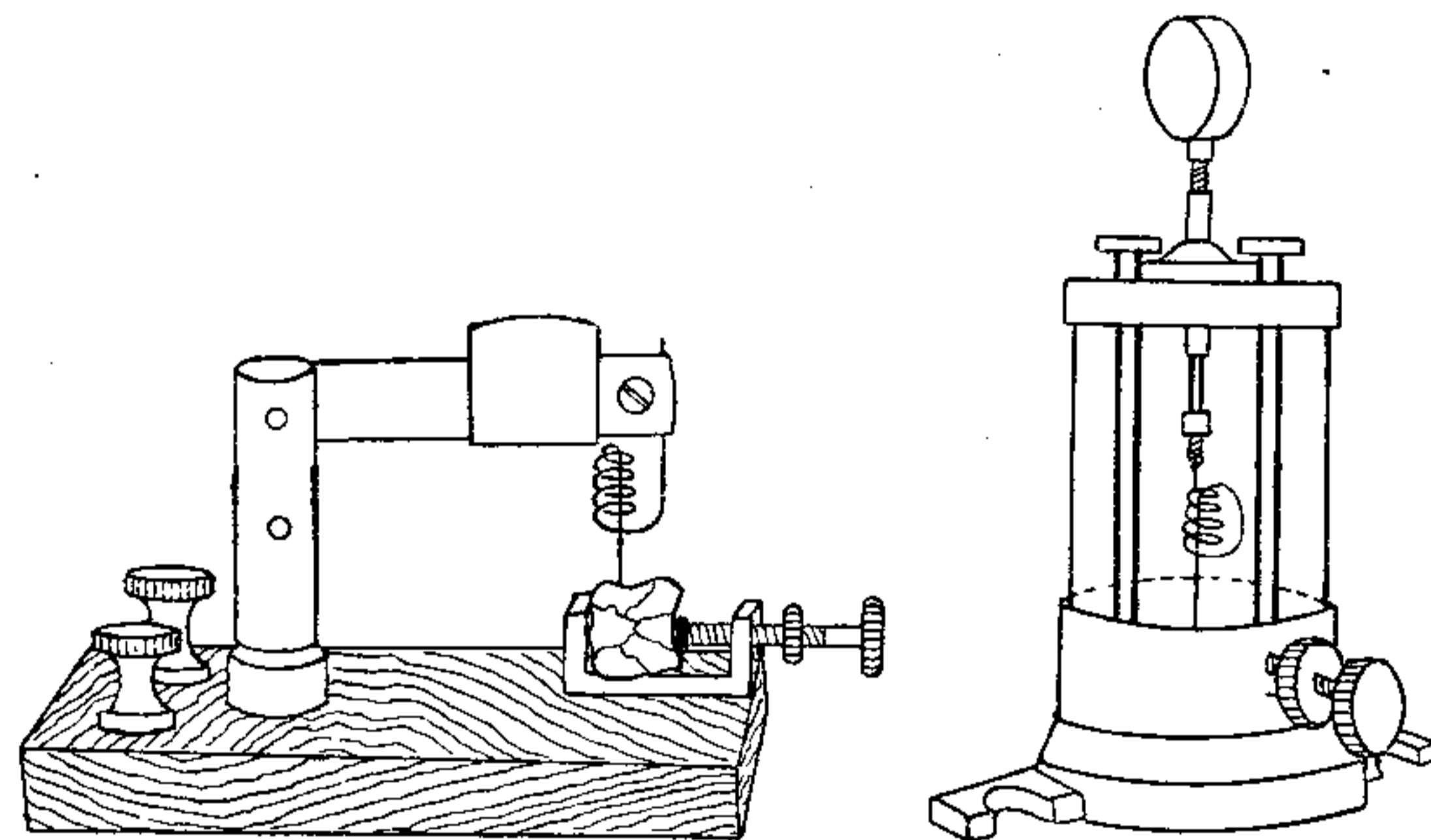



Fig. 92.

avvolgendolo sopra un grosso filo cilindrico; si cercherà poi di ottenere una estremità della spirale molto appuntita; l'altra estremità, sarà fissata sia direttamente ad una base, sia ad un sistema di leve che ne permetta lo spostamento facile per poter cercare il punto

sensibile del cristallo. Diversi dispositivi sono quelli in fig. 92. I circuiti usati sono principalmente quelli della fig. 93.

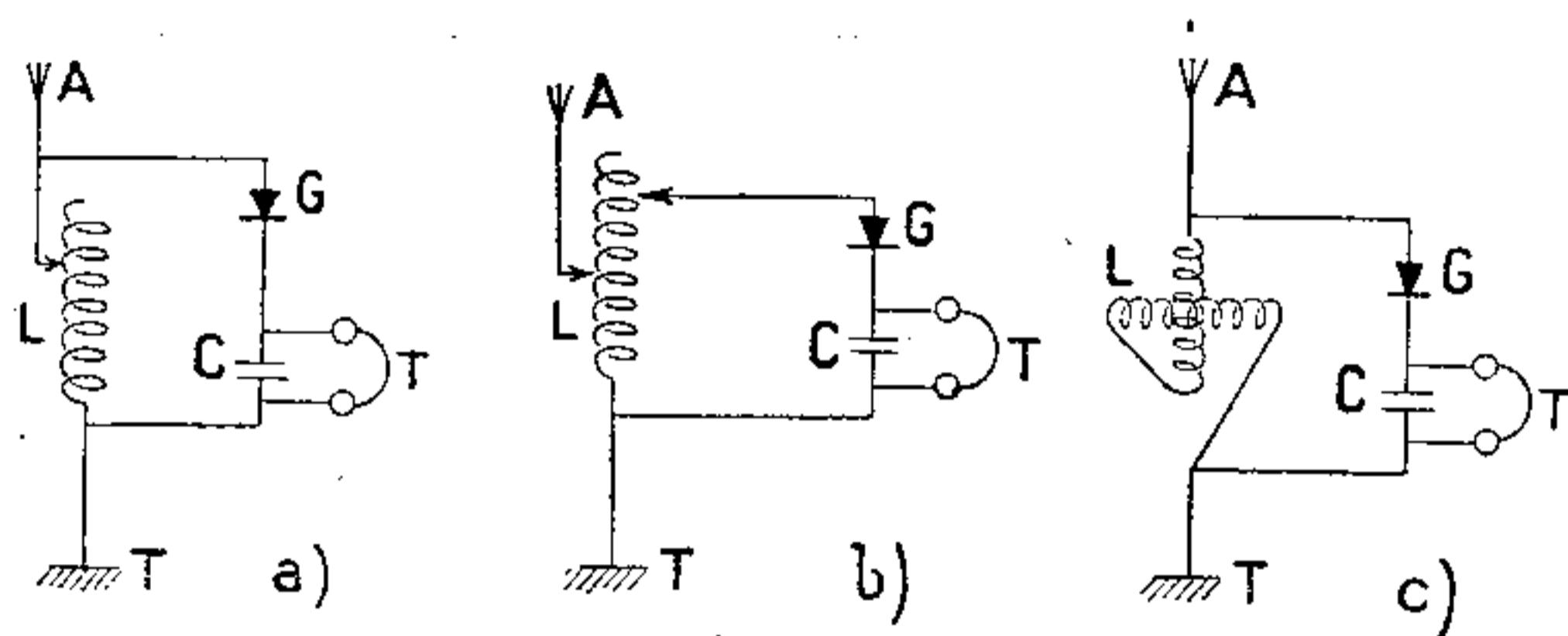



Fig. 93.

Il telefono che deve essere sensibile deve avere una resistenza da 200 a 1000 Ω circa,

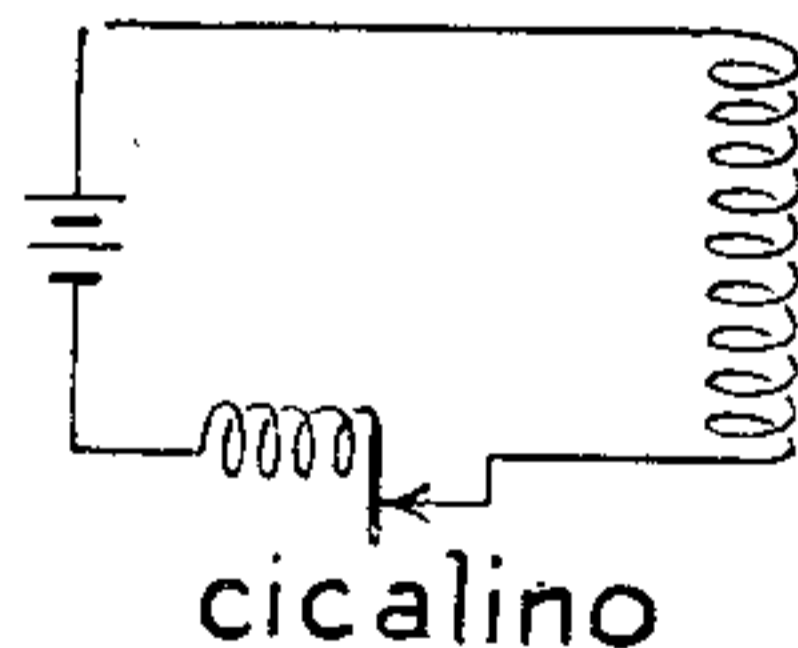



Fig. 94.

ed è meglio sia shuntato da un condensatore fisso di 0,002 *ufd*. Per verificare il punto sensibile si disporrà vicino al posto ricevitore

un cicalino alimentato da una pila. Quando questo funziona, si potrà ascoltare al telefono la nota prodotta e scegliere così il punto del cristallo per cui l'intensità del suono è massima. Il cicalino non è altro che una lamina, posta in vibrazione da una elettrocalamita e funziona col medesimo principio dei campanelli elettrici (fig. 94).

CAPITOLO II.

POSTI RICEVITORI CON TRIODI

Il tipo più semplice è quello in cui il triodo funziona semplicemente da detector.

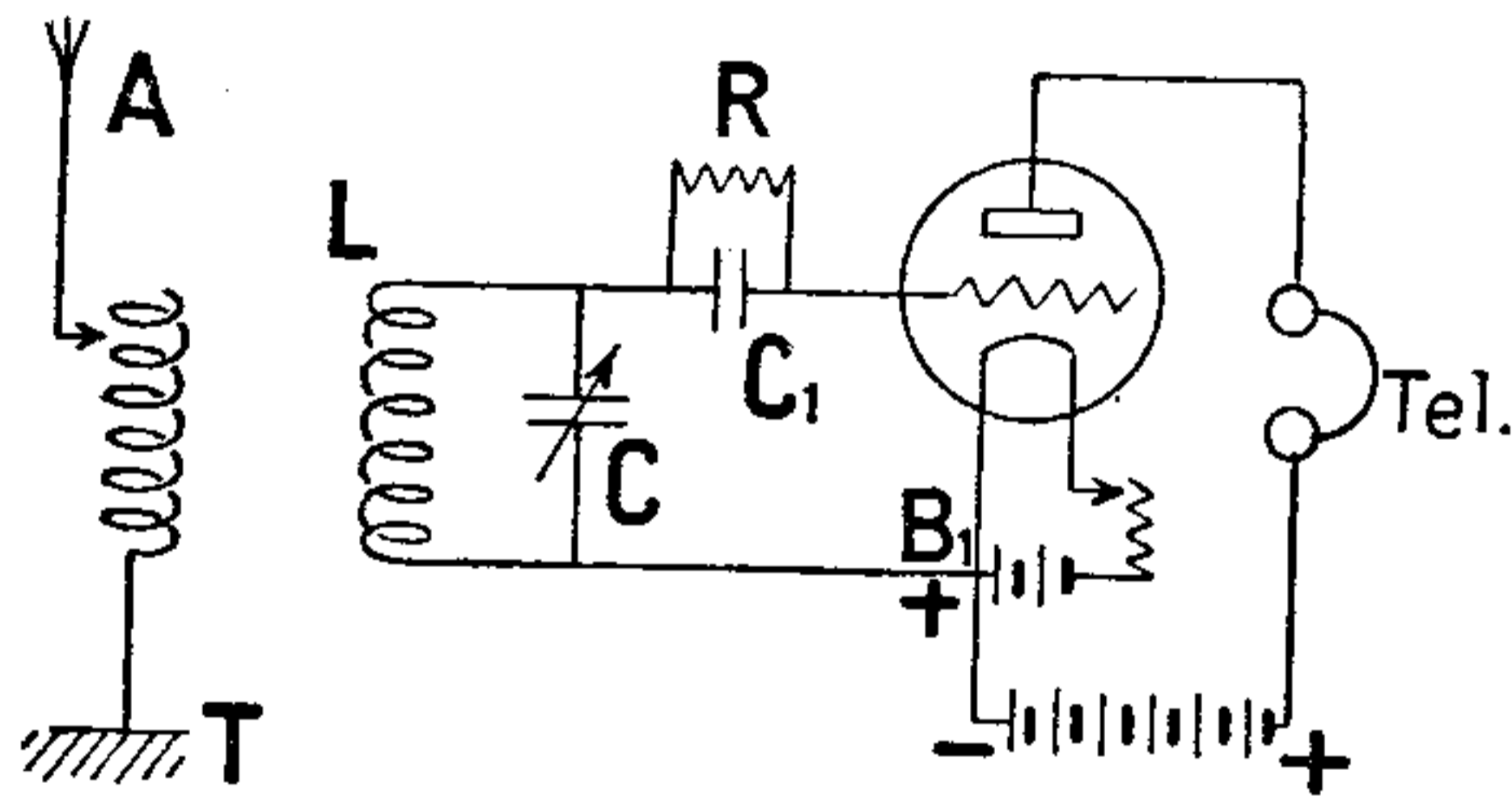



Fig. 95.

Per il funzionamento di un triodo sono necessari:

1 batteria di accumulatori di 4 volts e di almeno 25 amp. ora;

ed 1 batteria di accumulatori o di pile a secco (batterie tascabili messe in serie) di 40-60 volts.

Il circuito è quello della fig. 95.

L è l'induttanza;
C è un condensatore variabile di $^1/_{1000}$ di microfarad;
C_1 è un condensatore fisso di 0,0002 μfd, del tipo a mica descritto;
R è una resistenza di 2 a 5 megaohm.

L può essere connessa direttamente coll'antenna e colla terra o può essere il secondario di un Tesla.

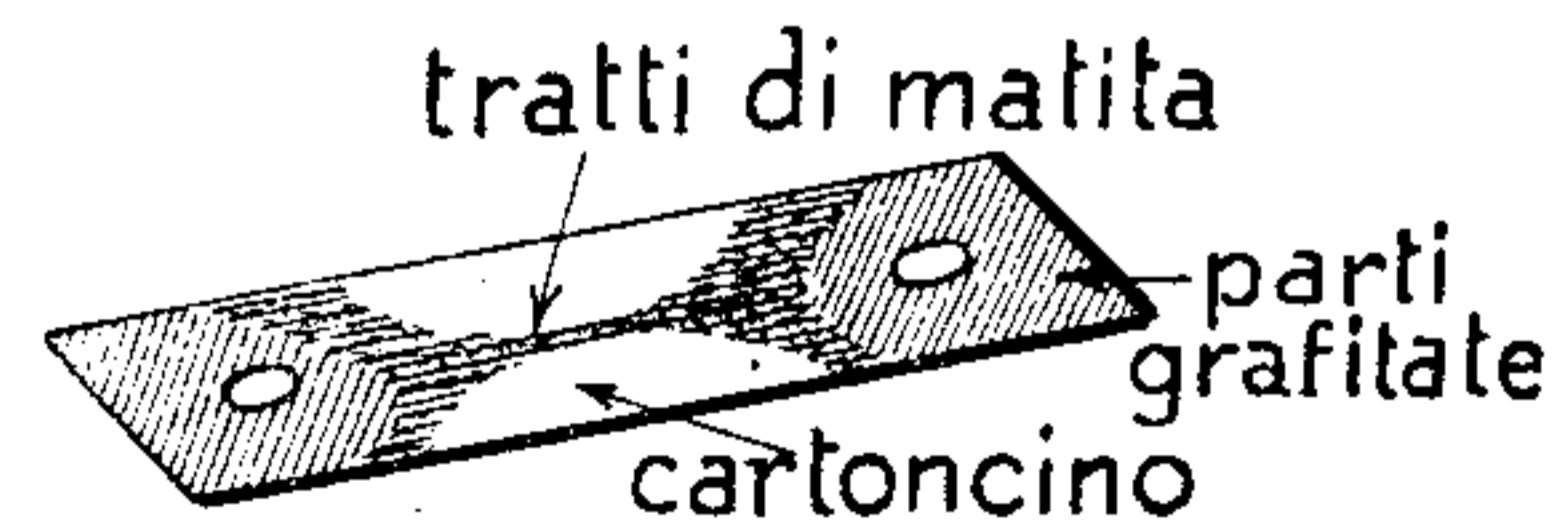



Fig. 96.

R può essere costruita nel modo seguente (fig. 96): sopra un foglio di carta da disegno con una matita molto tenera, si faranno due

tratteggi in modo da grafitare completamente un'area di un cm² circa. Le due aree disteranno di circa 3 cm. Tra le due aree si tracceranno quindi alcuni tratti di matita. Costruita così la resistenza, è meglio fissarla su una basetta di ebanite mediante due serrafili che si faranno

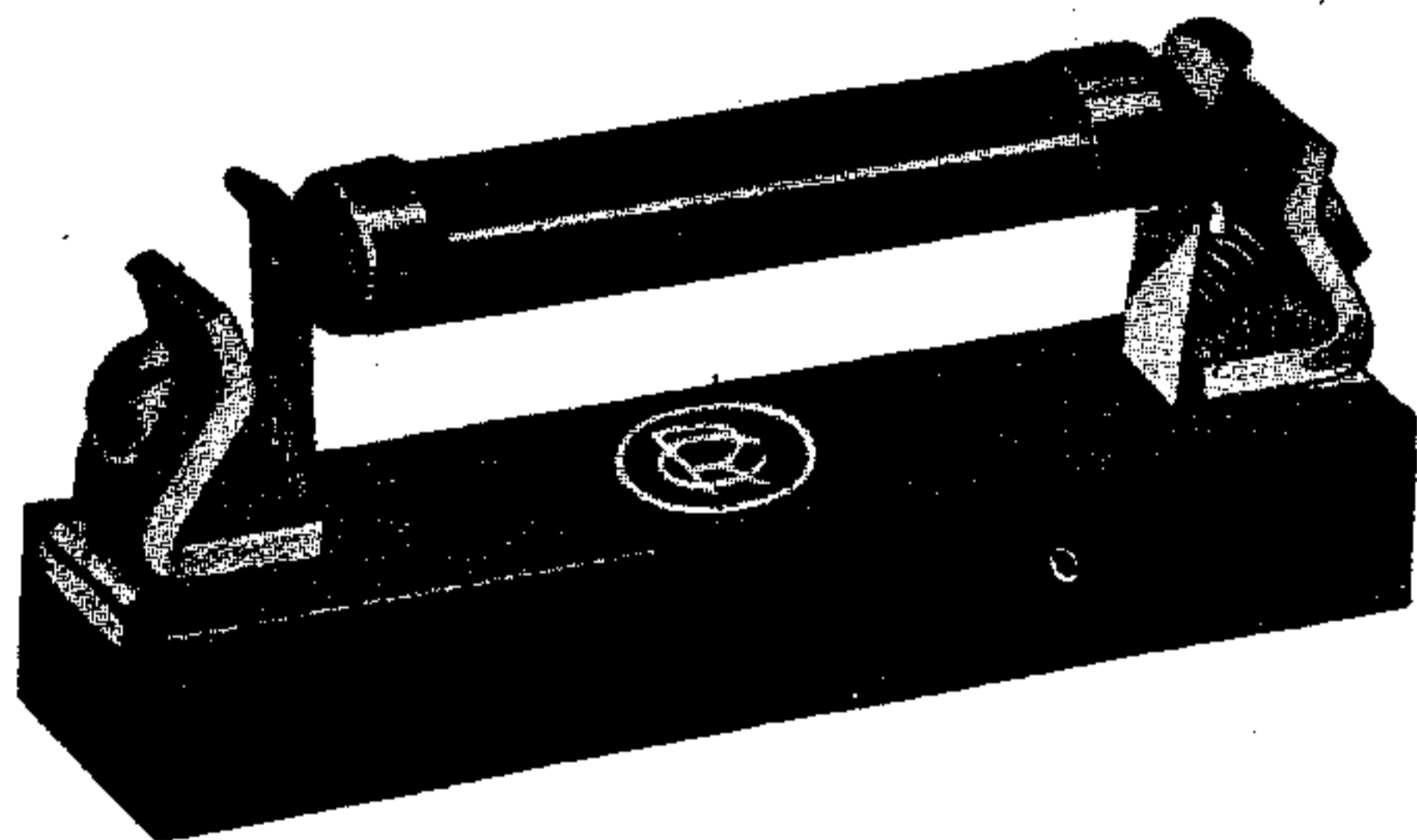



Fig. 96 *bis*.

passare in due fori fatti nelle parti grafitate. Fra i serrafili e queste parti si interporrà un poco di stagnola per assicurare il contatto. Il valore della resistenza sarà bene fissarlo montando l'insieme per ricevere ed ascoltando i segnali di una stazione. Si aggiungeranno o si toglieranno colla gomma dei

tratti di matita, fino a che la ricezione abbia la massima intensità al telefono. Sono poste in commercio delle resistenze, di materiale diverso, che hanno i suddetti valori e che hanno un prezzo relativamente basso (fig. 96 *bis*).

Il supporto del triodo può essere facilmente costruito, facendo attenzione che il materiale adoperato quale isolante sia un isolante buono, altrimenti nel telefono sono frequenti i fruscii ed i disturbi. Non è necessario ma utile porre in serie colle batterie d'accensione, un reostato, per portare il filamento ad una temperatura alla quale corrisponda il miglior funzionamento.

Autodina o Endodina.

Questo piccolo posto, pur non richiedendo molto materiale, permette di poter ascoltare tutte le stazioni europee e talvolta anche le americane.

Con speciali accorgimenti (condensatore di sintonia in serie sull'antenna) si potranno sentire anche le onde corte.

Come si può notare dalla fig. 97 il circuito è simile a quello precedente in cui il triodo era un semplice detector; vi è soltanto una modificazione nel circuito di placca in cui è posta la bobina di reazione. Il numero di

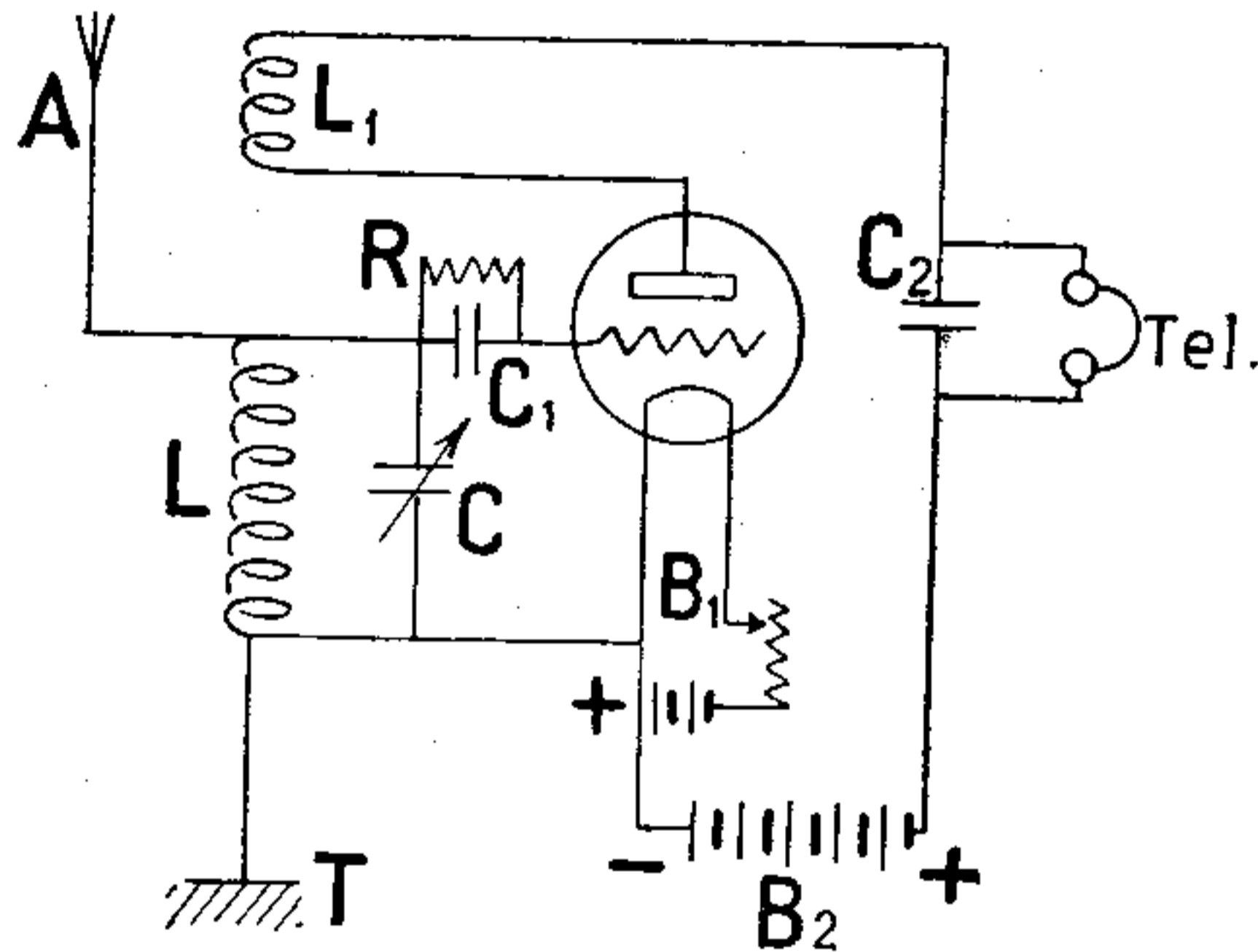



Fig. 97.

spire di tale bobina deve essere ben determinato.

Diamo qui i valori delle due bobine L ed L_1, per le onde corte che sono le più difficili a ricevere:

L	L_1	
fondo paniere	fondo paniere	filo $^5/_{10}$ ricop. in cotone
50 spire	60 spire	Diam. esterno cm. 12

Per le lunghezze d'onda maggiori, bisognerà tener presente che il numero di spire della reazione L' varierà da $\frac{2}{3}$ a $\frac{1}{2}$ di quello della bobina L.

C^2 è un condensatore fisso di $^2/_{1000}$ di μfd.

Per le onde corte il condensatore variabile C che è di 0,00075 μfd sarà posto in serie coll'antenna, mentre per le onde più lunghe sarà posto in derivazione sulla self L. Un dispositivo pratico per tale scopo è quello della fig. 103 in cui I è un commutatore doppio.

Funzionamento e regolazione.

Connesse le varie parti come è stato indicato, si porrà in testa la cuffia telefonica e si proverà a variare l'accoppiamento fra L ed L'.

Si farà attenzione allora se si ode nel telefono uno speciale colpo che indica l'innescarsi delle oscillazioni. Se ciò non accade, si dovranno invertire le connessioni della bobina L'. Se anche così facendo non si ha l'in-

nescamento e non si odono stazioni ad onda persistente, bisognerà ritoccare leggermente la resistenza di griglia. Ottenuto l'innescamento, si varierà C e si udranno al telefono i suoni prodotti dai battimenti delle oscillazioni ricevute con quelle generate dal triodo stesso. Per avere il massimo effetto si diminuirà l'accoppiamento fra L ed L' fino al limite d'innescamento.

Volendo ricevere della telefonia, si innescheranno dapprima le oscillazioni fino a sentire il fischio dell'onda supporto e si varierà il condensatore C fino a portarsi nella zona di silenzio compresa fra i due fischi corrispondenti ai battimenti dovuti alle frequenze $f + F$ ed $f - F$ (F frequenza delle onde in arrivo ed f frequenza di quelle locali).

Lentamente poi per non avere distorsione dei suoni, ci si porta al di là del limite di innescamento per usufruire della grande amplificazione che ci dà la reazione.

Pure fuori innescamento si riceveranno le onde smorzate. Se queste però sono molto deboli, si potranno udire fortemente, ma con

distorsione della nota propria, innescando le oscillazioni. In tal modo si potranno ricevere bene dei segnali che prima erano appena percepibili.

Amplificatore a resistenze.

Ne abbiamo già visto lo schema, e sappiamo anche costruire le resistenze che sono dello stesso tipo di quella fatta per il montaggio in detector. Solo i valori sono alquanto diversi: quelle poste nel circuito di placca devono avere una resistenza di 80000 Ω e quelle nei circuiti di griglia di 5 megaohm (milioni di ohm). Per le prime sarà bene avere un valore approssimativo, inserendole in serie con un milliamperometro sulla batteria da 80 volts; allora, per la legge di Ohm, è:

$$I = \frac{V}{R}$$

dove

I è l'intensità in amp.;
V la tensione della batteria;
R la resistenza.

Volendo conoscere la resistenza, si ha:

$$R = \frac{V}{I}$$

Se $V = 80$ volts, per avere $R = 80000$ deve essere $I = 0{,}001$ amp. (1 milliampère).

Per le resistenze di 5 $m\,\Omega$ si faranno come precedentemente, e si varieranno mentre si riceve.

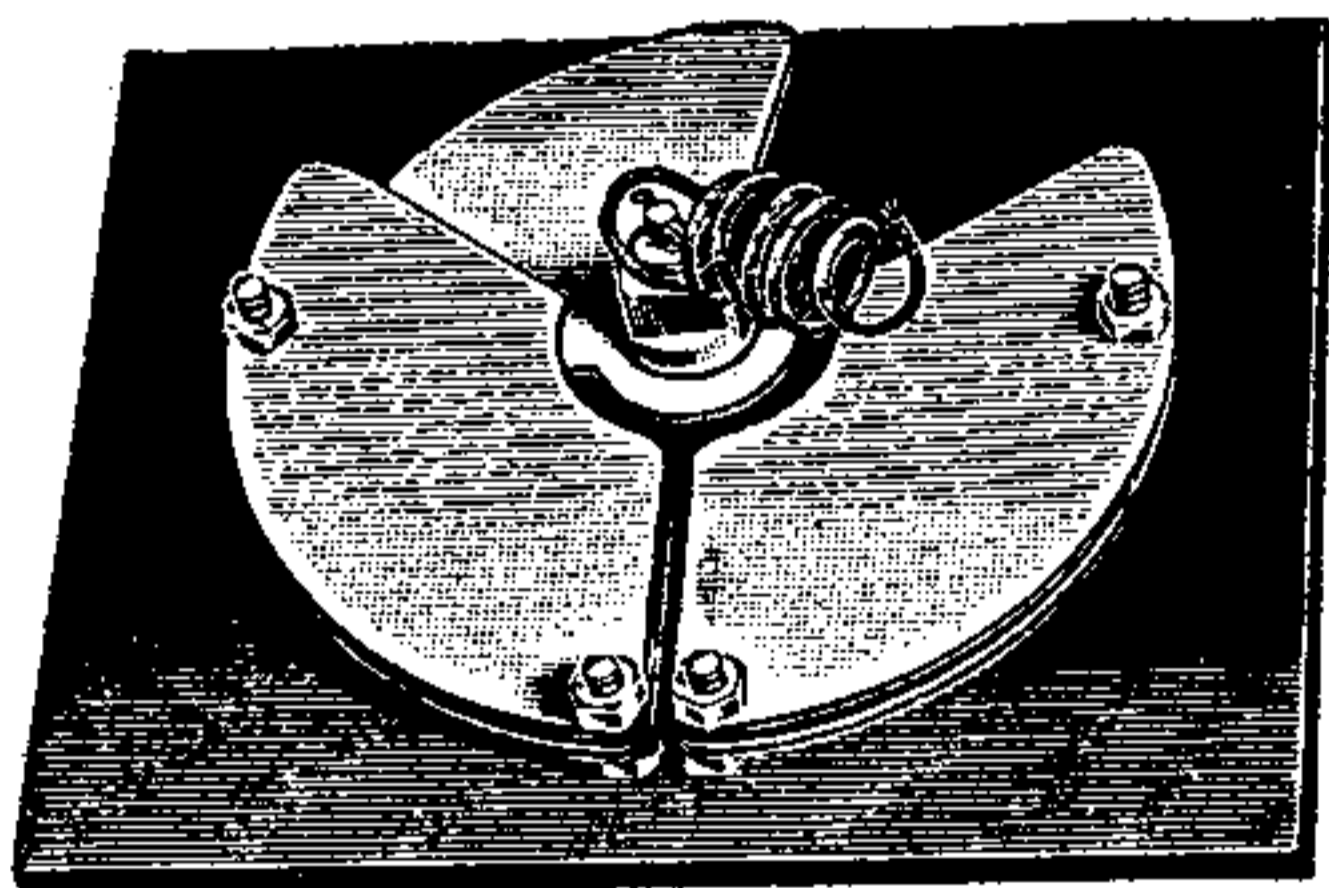



Fig. 98.

I condensatori intervalvolari C' devono avere una capacità di $^1/_{10000}$ μ/d circa.

Il condensatore C_2 per l'innescamento è di 0,0003 μ/d, ed è detto anche compensatore quando assume altre forme come in fig. 98,

dove la terza armatura, collegata con la griglia di un determinato triodo, affacciata all'armatura mobile impedisce l'innescarsi spontaneo delle oscillazioni, ciò che potrebbe esser dannoso. Lo schema di un tale apparecchio finito è quello della fig. 99.

Si deve tener presente che i fili di collega-

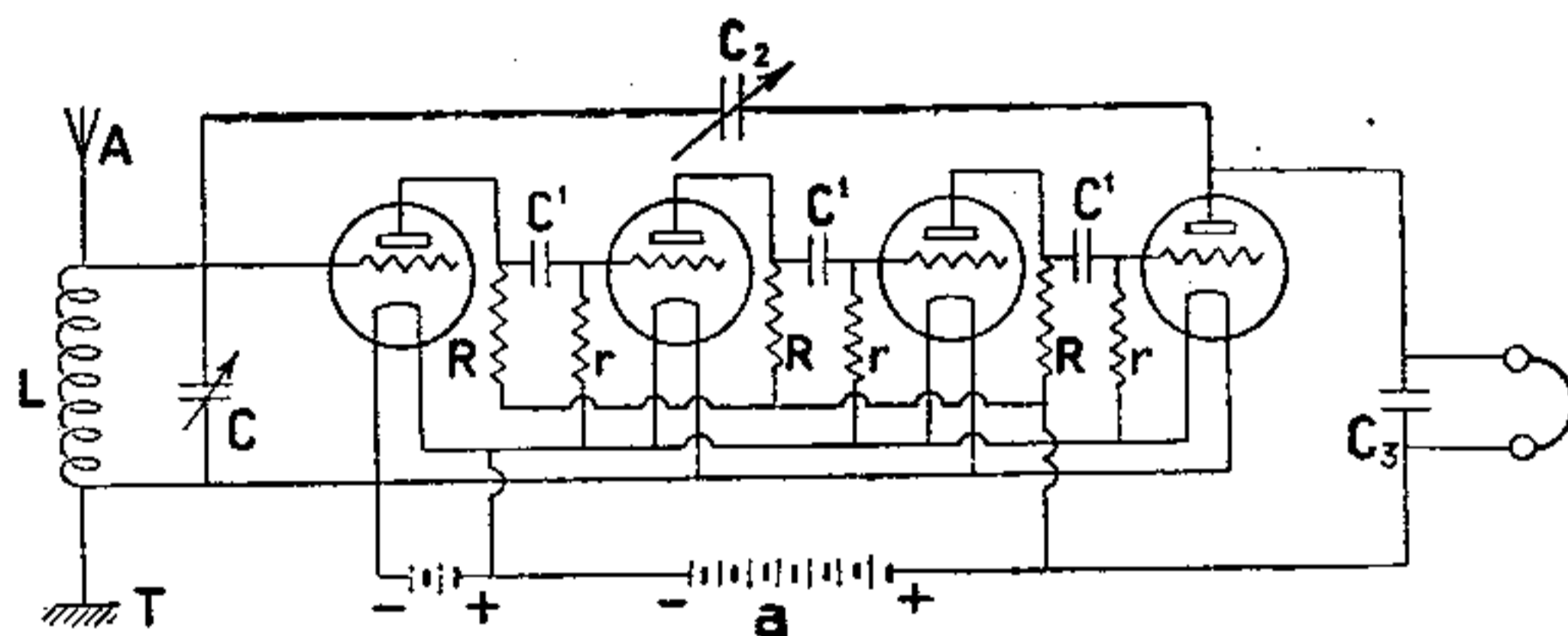



Fig. 99.

mento debbono essere molto corti, ed essere a una distanza di almeno 5 cm., ed è bene che non siano paralleli.

Per far funzionare l'amplificatore, non ci sarà che da girare il settore rotante del compensatore, fino ad ottenere l'innescamento delle oscillazioni. Si varierà quindi C per la sintonia.

Per la ricezione di telefonia o di onde smorzate, si terranno presenti le considerazioni dette innanzi per l'autodina; soltanto, invece dell'accoppiamento della reazione, si varierà la posizione del settore mobile del compen-

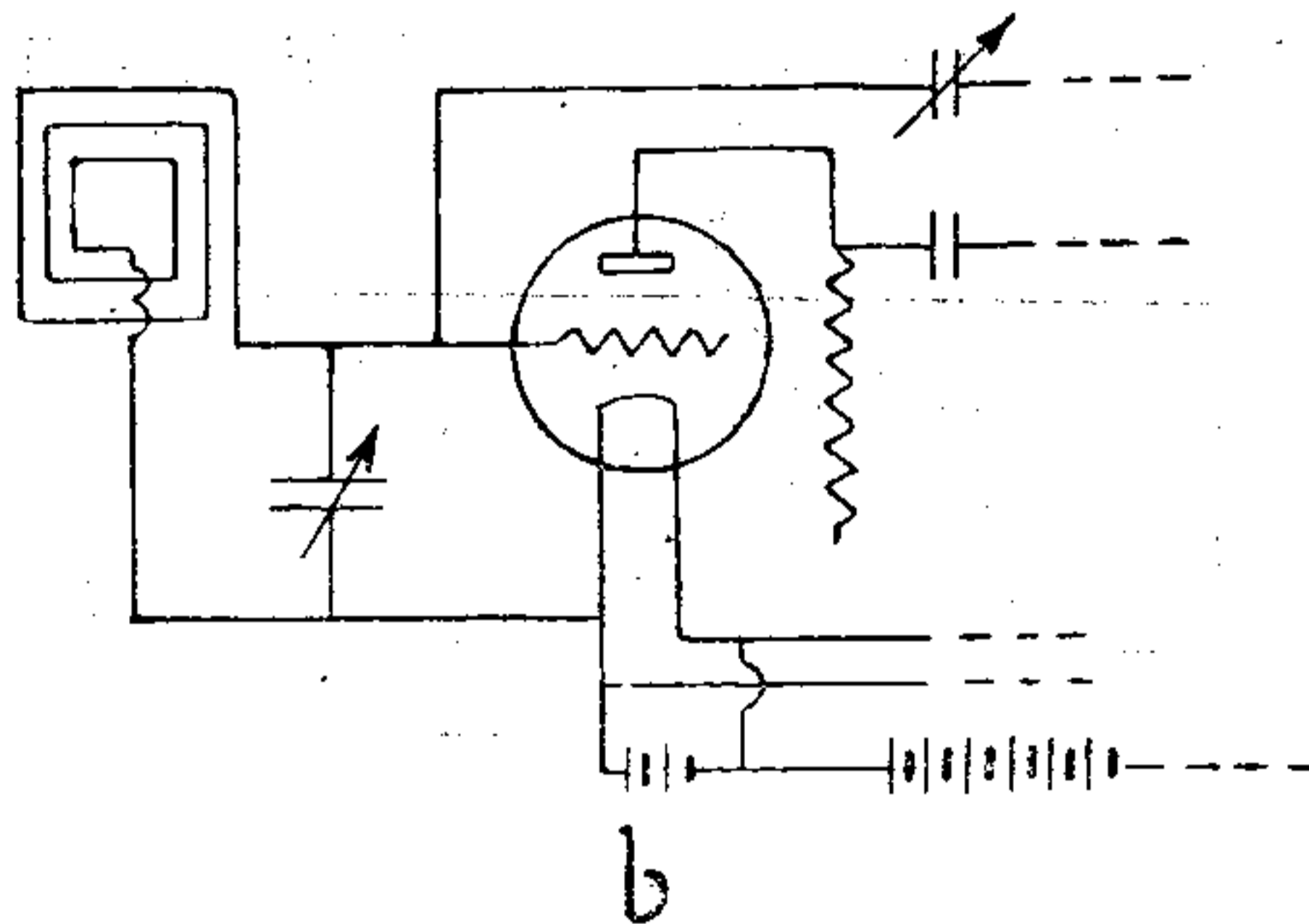



Fig. 100.

satore. Con tale amplificatore si possono ricevere molto bene tutte le stazioni europee, e la telefonia dei posti di lunghezza d'onda superiore ai 1000 m. circa, poichè l'amplificatore così costruito senza speciali precauzioni, non può funzionare per lunghezze di onda inferiori.

Per il dilettante non è consigliabile oltrepassare il numero di 4 triodi. È preferibile, se si vuol ricevere forte, sostituire a 2 triodi un amplificatore a bassa frequenza ad 1 o 2 triodi.

È da notare in questo schema, la facilità di poter sostituire all'antenna, un telaio,

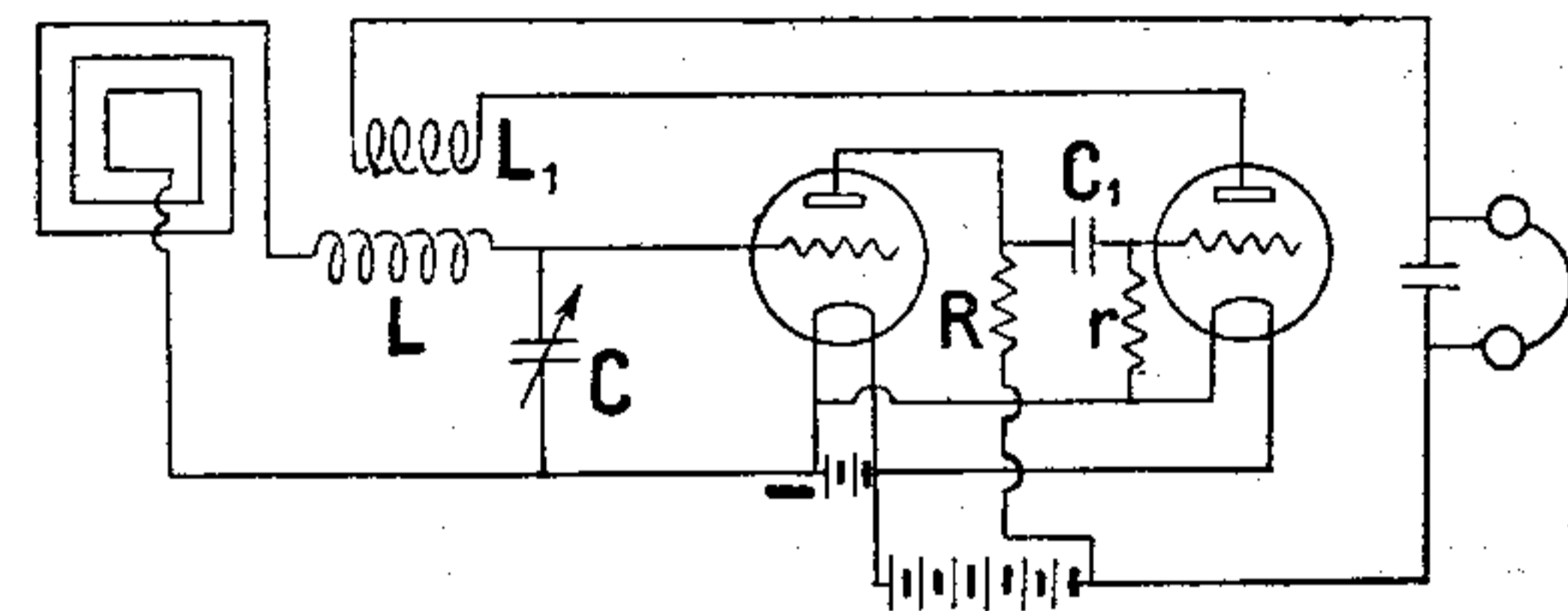



Fig. 101.

senza dover cambiare il circuito; infatti lo schema per la ricezione su telaio, è quello della fig. 100. La reazione può essere anche a bobina invece che a compensatore, ed allora lo schema è quello della fig. 101 dove le bobine *L* ed *L'* sono a fondo di paniere, ed il numero di spire va determinato per tentativi, tenendo presente che si aggira intorno

al centinaio di spire per L e da 100 a 200 per L'.

AMPLIFICATORI PER BASSA FREQUENZA.

Sono caratterizzati dai trasformatori aventi il nucleo in ferro laminato. La loro costruzione, benchè sembri facile, non è consigliabile ad un dilettante, poichè solo dopo parecchi tentativi riuscirà ad avere dei risultati mediocri.

Di più, specialmente per telefonia, i trasformatori devono essere studiati con particolare cura, per non avere distorsione dei suoni. Ad ogni modo, per coloro che volessero tentarne la costruzione, diamo sommariamente i dati principali.

È necessario tener presente che l'impedenza del primario e del secondario devono avvicinarsi il più possibile all'impedenza del circuito a cui sono applicati.

Trasformatore d'entrata (dopo un altro amplificatore a triodo) rapporto 1-5

Primario	spire	3000
Secondario	»	15000

Trasformatore intervalvolare rapporto 1-4

Primario	spire	5000
Secondario	»	20000

Il filo sarà di rame $^{7}/_{100}$ mm. ricoperto in seta. La sezione del nucleo deve essere di

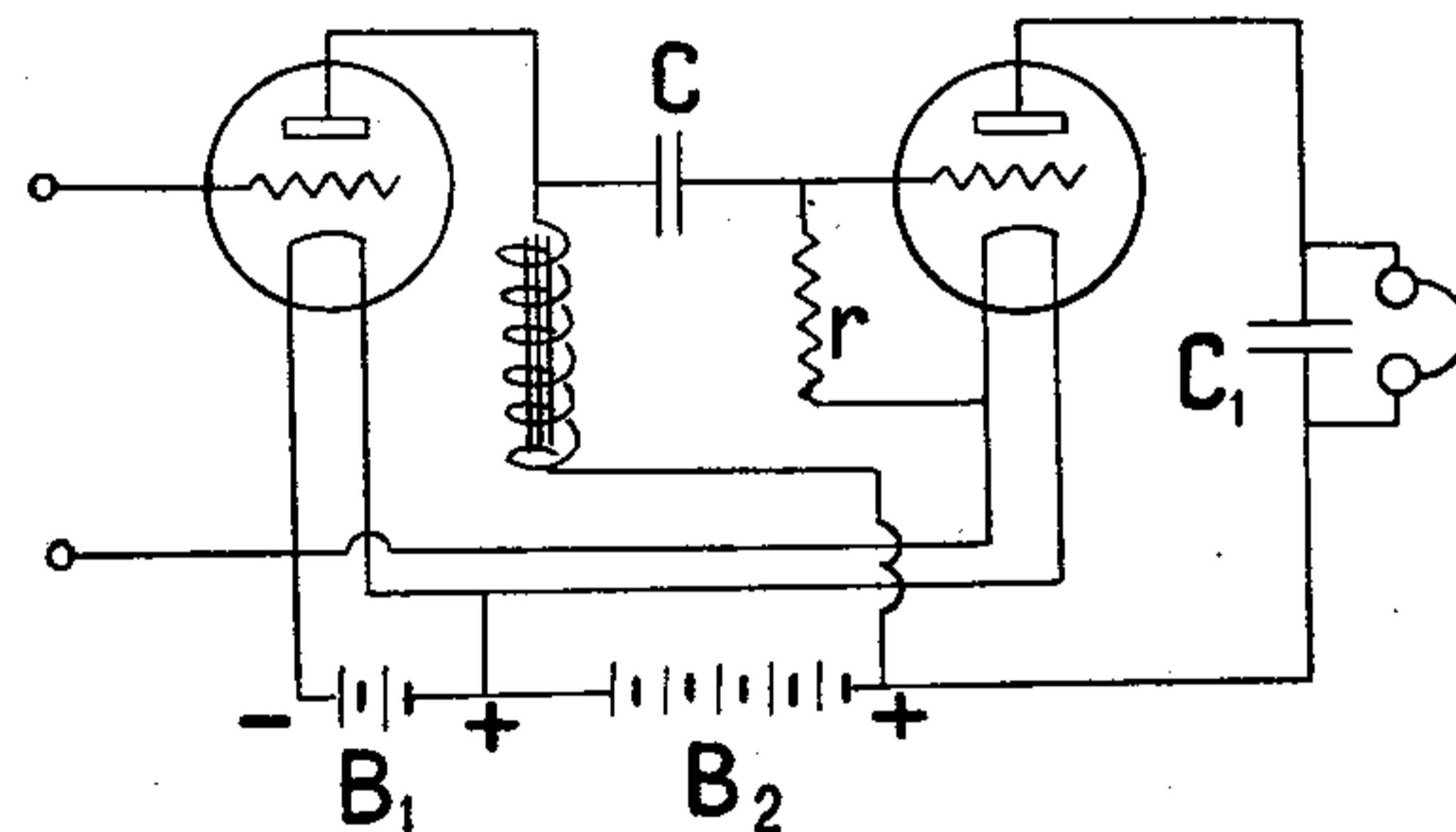



Fig. 102.

2 cm² circa, e questo può essere costituito da lamierini del tipo usato per i piccoli trasformatori, od anche semplicemente da filo di ferro molto ben ricotto.

È preferibile per il principiante, il circuito della fig. 102 simile al montaggio a resistenze, ma in cui la resistenza di 80000 Ω è sostituita da una bobina avente i seguenti dati:

diametro nucleo: 1 cm. formato da filo di ferro ricotto del diametro di $^5/_{10}$ mm.;

lunghezza nucleo: 8 cm.;

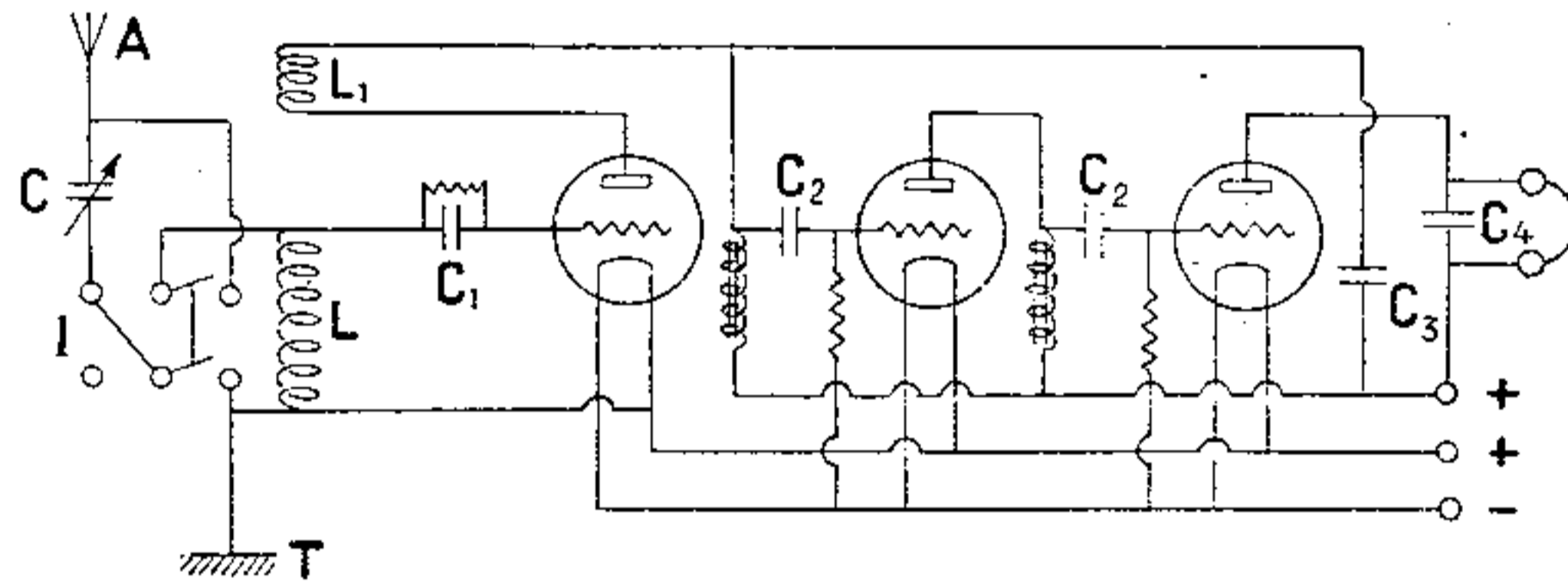



Fig. 103.

avvolgimento, ben isolato dal nucleo, 10000 spire di $^1/_{10}$ o $^{1,3}/_{10}$ ricoperto in seta.

Il condensatore C_2 deve avere una capacità di circa 0,005 μfd.

Un tale amplificatore si può mettere di seguito ad un amplificatore solito, utilizzando le stesse batterie di accensione e di placca.

La fig. 103 ci rappresenta un amplificatore

a 3 triodi, che permette una forte ricezione di tutti i posti europei.

Ricevitori per onde corte.

La ricezione di tali onde presenta una certa difficoltà, data la grande frequenza delle oscillazioni e la difficoltà di ottenere un buon innescamento delle oscillazioni.

Di più, sempre per la frequenza elevata, il corpo dell'operatore, muovendosi, fa variare le caratteristiche del circuito e quindi anche la frequenza dei battimenti. È necessario allora munire le manopole degli apparecchi di lunghi manici isolanti.

Alcuni circuiti per onde corte sono già stati considerati precedentemente.

I variometri sono costituiti da due induttanze cilindriche, di cui una di minore diametro e tale da poterla far rotare nell'interno della prima. La bobina rotante può avere anche la forma di una sfera (fig. 103 *bis*). Si può costruire un variometro a bobine a fondo di paniere, montandole, come per un

Tesla, sopra due assicelle a cerniera e riunendo le bobine in serie fra loro.

Un circuito semplice è quello della fig. 104 in cui *P* ed *S* sono avvolti sopra uno stesso

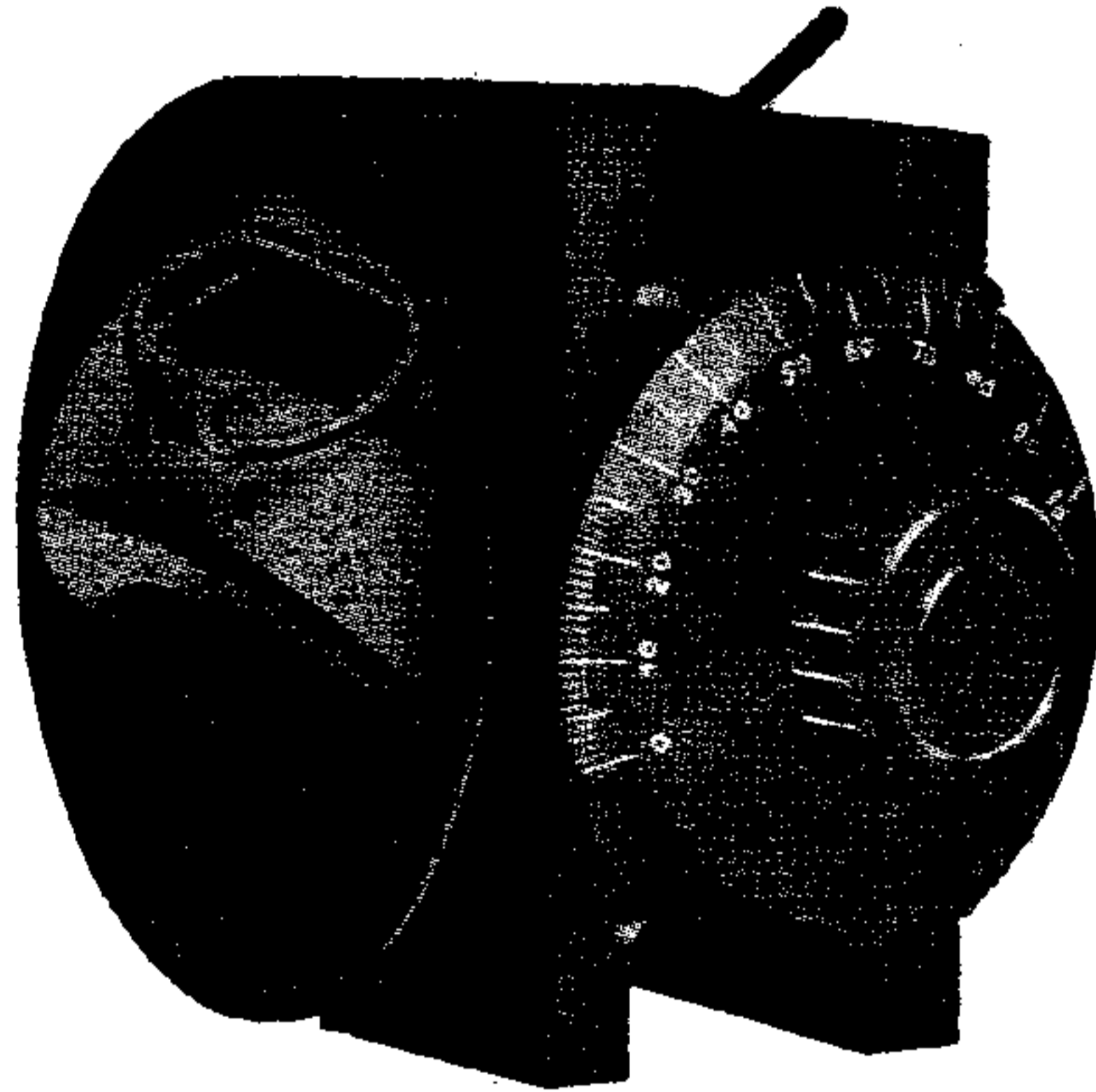



Fig. 103 *bis*.

cilindro del diametro di 80 mm. Il filo, tanto per l'uno quanto per l'altro, deve essere del diametro di $^{6}/_{10}$ di mm. e ricoperto in cotone Il primario avrà 20 spire e 40 il secondario. Il variometro è costituito da due cilindri di cartone: uno del diametro di 100 mm. con

42 spire, e l'altro del diametro di 60 mm. con 50 spire. Il filo è di $^{5.5}/_{10}$ di mm. di diametro. Gli altri valori sono quelli usati normalmente.

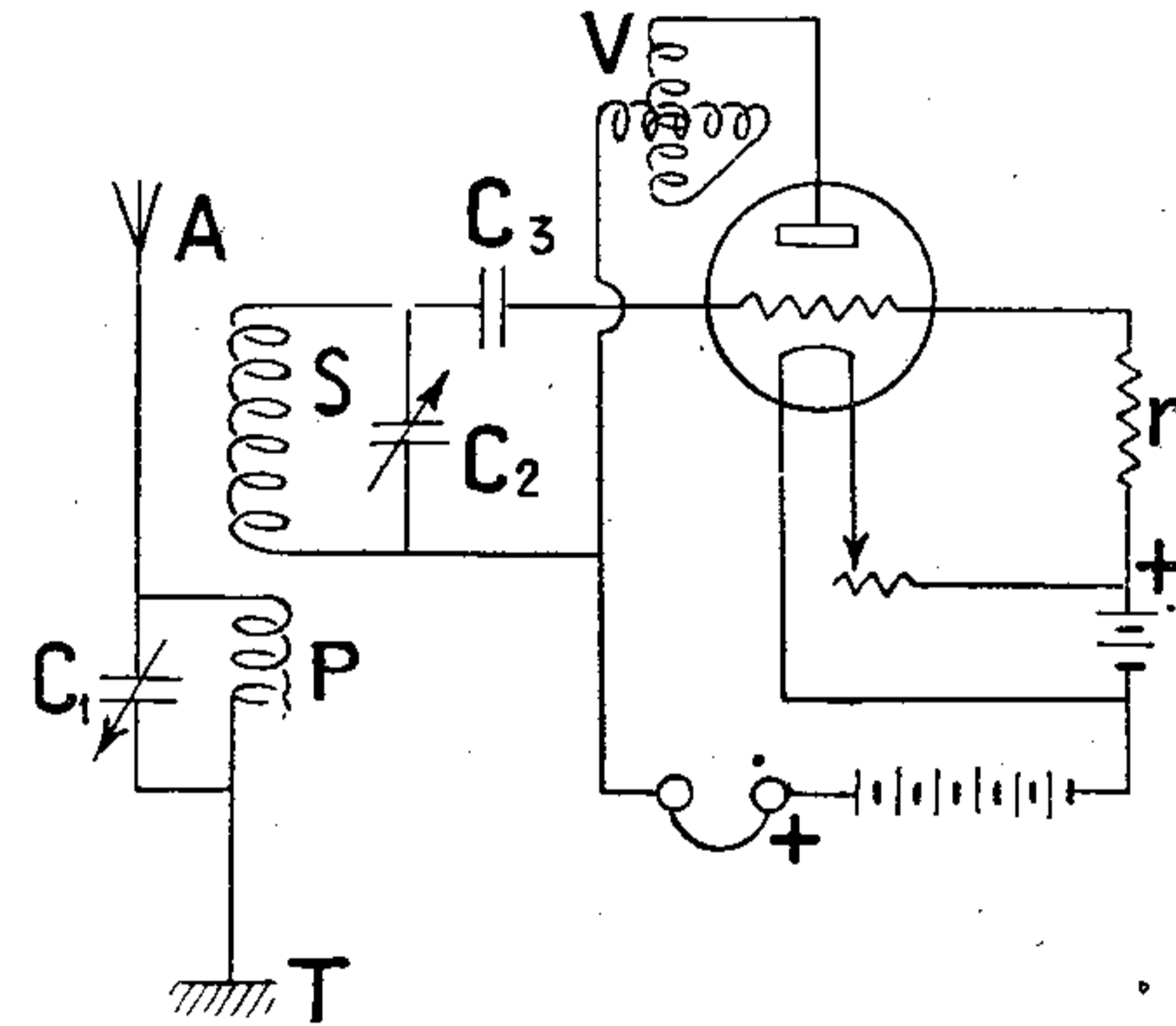



Fig. 104.

Per l'uso di un tale circuito, si comincia col dare un valore al condensatore *C'*, in modo che il circuito primario sia presumibilmente accordato sull'onda da ricevere. Tale valore lo si conosce facilmente dopo un po' di abi-

tudine, e dopo aver ascoltato qualche stazione di lunghezza d'onda nota. Si ruota quindi il variometro sino all'innescamento delle oscillazioni e quindi simultaneamente si variano il condensatore C_2 ed il variometro, tenendo

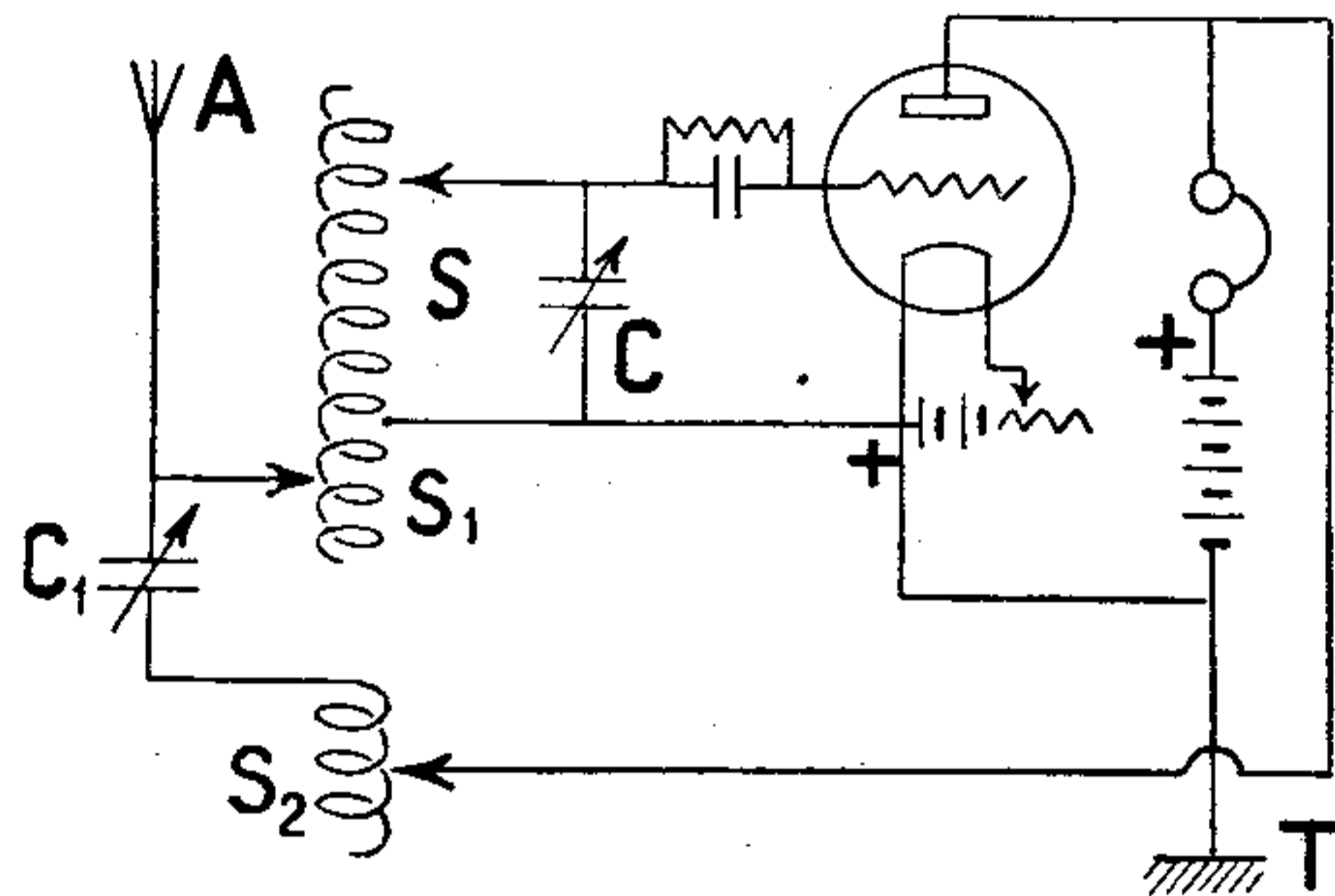



Fig. 105.

sempre innescate le oscillazioni e fino ad udire la trasmissione voluta. Si variano poi lentamente C_1, C_2 ed il variometro fino ad avere la massima intensità.

Un altro circuito che permette la ricezione di onde corte anche su antenne molto lunghe è quello della fig. 105 del Reinartz.

L'avvolgimento si fa sopra un tubo di 8,5 cm. di diametro con filo $^4/_{10}$ mm. S_1 ha 10 spire con presa ogni spira; S_2 ha 30 spire con presa ogni 10 spire ed S ha 36 spire con presa alla 24ª e 30ª spira.

C e C' sono di 0,0005 μfd.

Si lasceranno, per la ricezione, poche spire sull'antenna; si varierà quindi C' fino all'innescamento, poi si ruoteranno C e C' sino ad udire la trasmissione.

Vi sono poi altri circuiti più complicati che necessitano di una lunga pratica da parte di chi li adopera, e sono i circuiti *super-heterodina* e *super-regenerative*, a cui abbiamo accennato.

Tali circuiti, per la loro complessità, non li descriviamo.

Ai circuiti per onde corte, possono pure aggiungersi degli amplificatori in bassa frequenza, e ciò nel modo anzidetto.

CAPITOLO III.

TELEFONI

Questo strumento deve meritare speciale attenzione.

Si comprende come il rendimento di un posto di ricezione dipenda molto dalla bontà del telefono.

La resistenza, se il telefono è applicato direttamente sulla batteria di placca, deve essere elevata: da 2000 a 8000 Ω.

Generalmente si usano due telefoni posti in serie od in derivazione, montati su speciali supporti e formanti la « cuffia ».

È però consigliabile l'uso di un trasformatore telefonico, che impedisca la smagnetizzazione delle calamite del telefono, dovuta

alla corrente continua che circola nelle bobine, quando queste sono poste direttamente nel circuito di placca.

Con tale trasformatore, avente adatti avvolgimenti, è possibile far funzionare con ottimo rendimento, anche delle cuffie a bassa resistenza che sono di solito più sensibili di quelle ad alta resistenza.

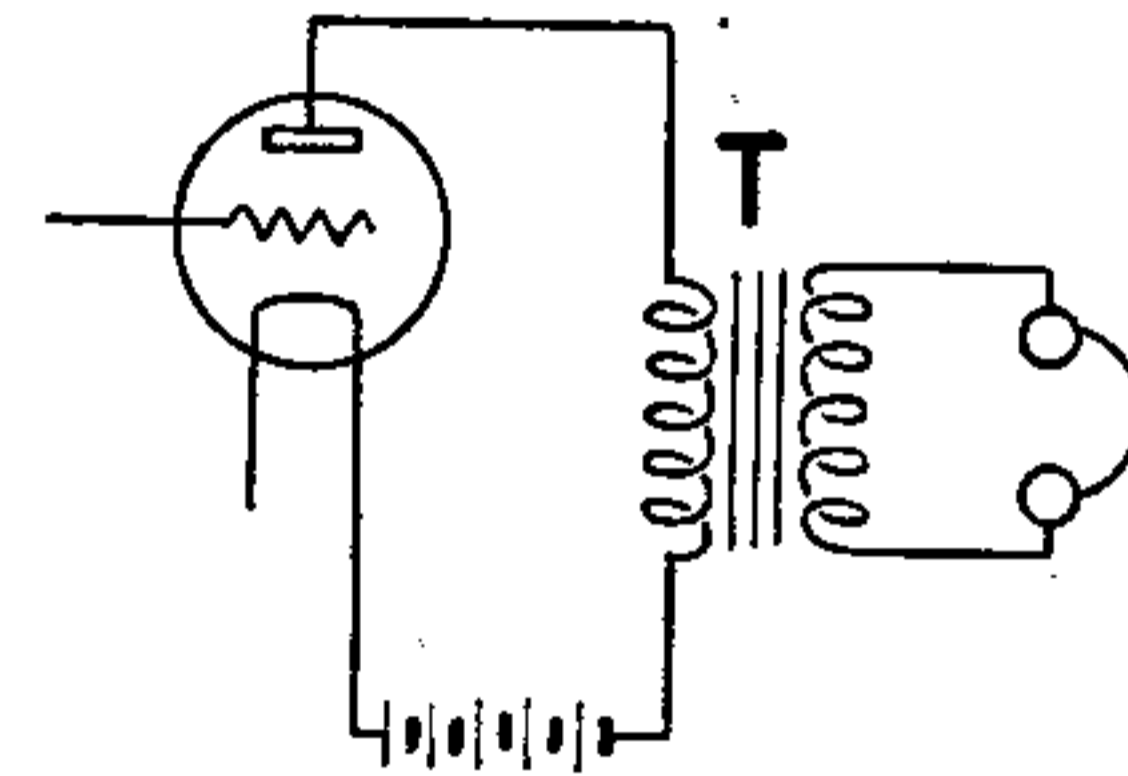



Fig. 106.

Tali trasformatori sono:

per telefoni ad alta resistenza:
rapporto 1-1 spire primario 8000
spire secondario 8000
filo $^1/_{10}$ ricoperto in seta

per telefoni a bassa resistenza (100-200 Ω)
rapporto $^1/_5$ spire primario 8000 filo $^1/_{10}$ mm.
spire secondario 1600 filo $^{1,2}/_1$ mm.

Il nucleo di tali trasformatori deve avere una sezione di 1,5 cm^2 e si possono utilizzare dei lamierini usati per i trasformatori da 5 watt per campanelli elettrici (fig. 106).

ALTOPARLANTI.

Essi sono generalmente dei buoni telefoni a grande membrana, a cui è stata applicata una buona tromba. Sono di solito regolabili; hanno cioè regolabile a mezzo di una vite la distanza dei poli della calamita, dalla membrana; in tal modo si può cercare il punto di miglior funzionamento.

Vi sono tipi di telefoni basati su altri principii e detti *elettrodinamici*, in cui il campo fisso è prodotto da una forte elettrocalamita alimentata da batterie separate. In un piccolo traferro del nucleo della elettrocalamita viene posta una seconda bobina, piccola e leggera e sospesa rigidamente alla membrana vibrante che può essere di mica o di metallo non magnetico. Tale piccola bobina è percorsa dalla corrente proveniente da amplifi-

catori a bassa frequenza, ciò che produce un campo magnetico che fa attrarre o respingere la bobina stessa, nel traferro del nucleo della grossa elettrocalamita (fig. 107).

Si comprende come tali attrazioni o repul-

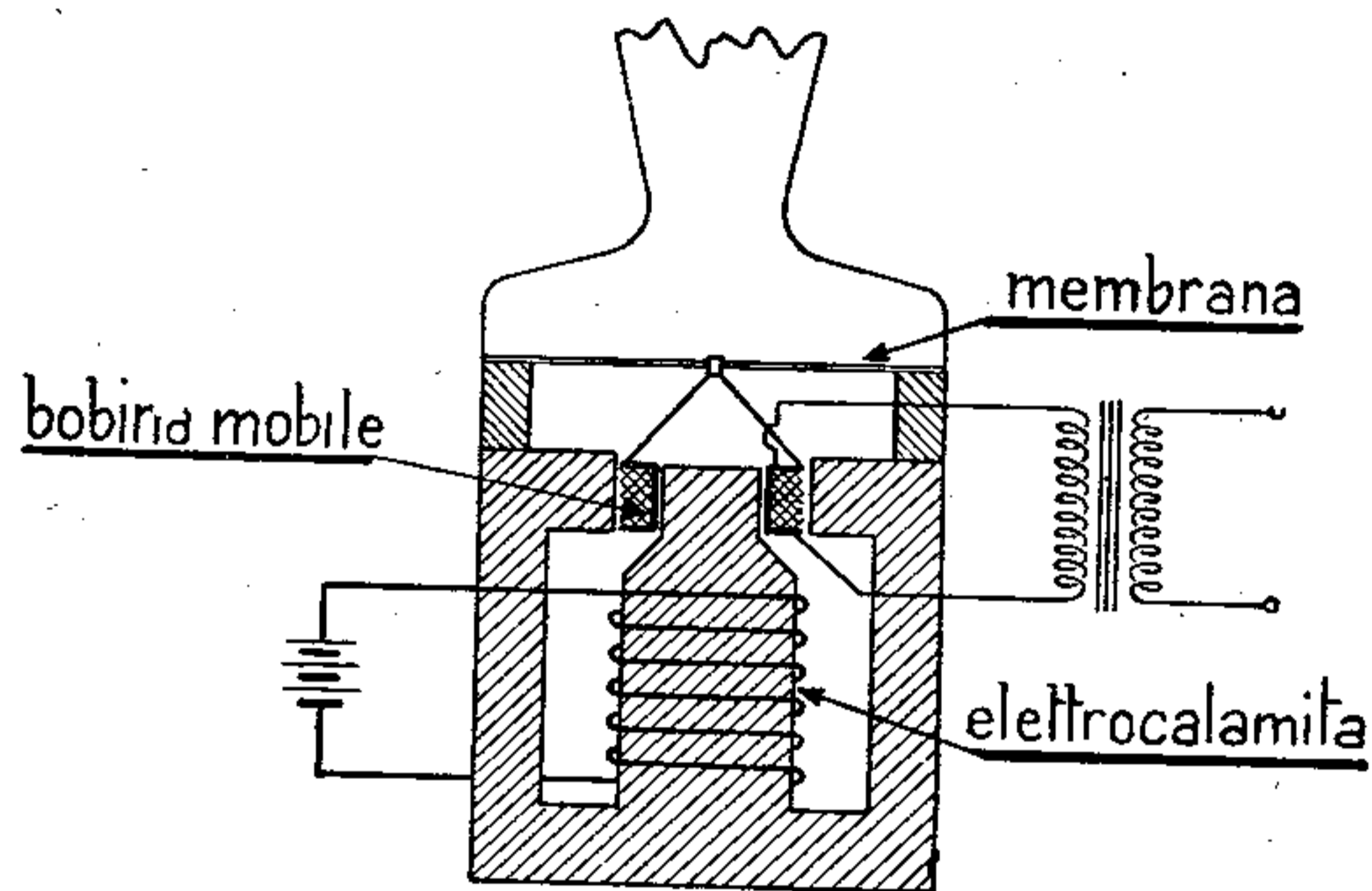



Fig. 107.

sioni siano proporzionali alla corrente circolante nella bobina piccola, quando sia costante il campo generato dalla bobina grossa, e come quindi la membrana possa riprodurre anche in questo caso i vari suoni.

Questi altoparlanti esigono però una forte

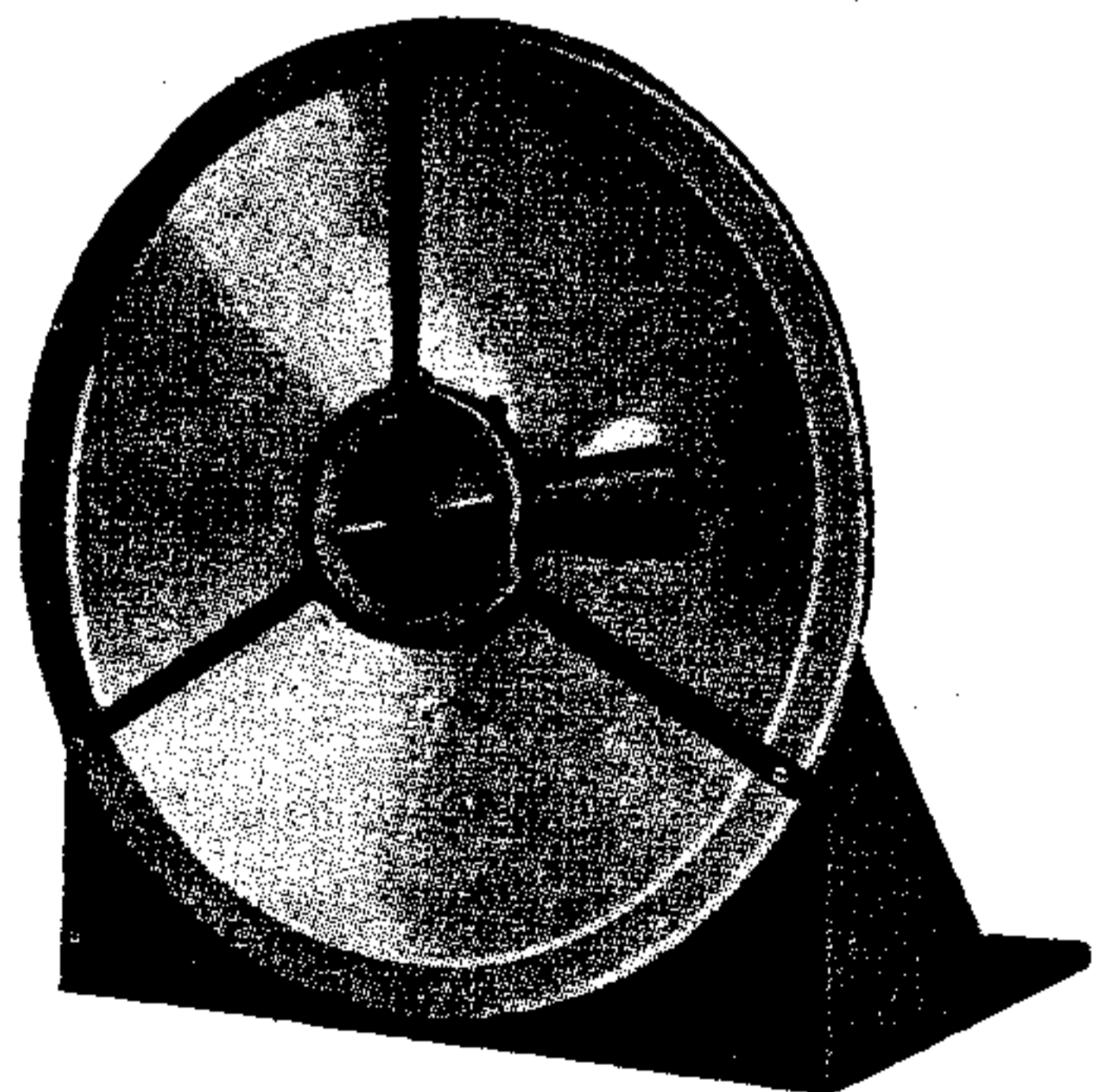
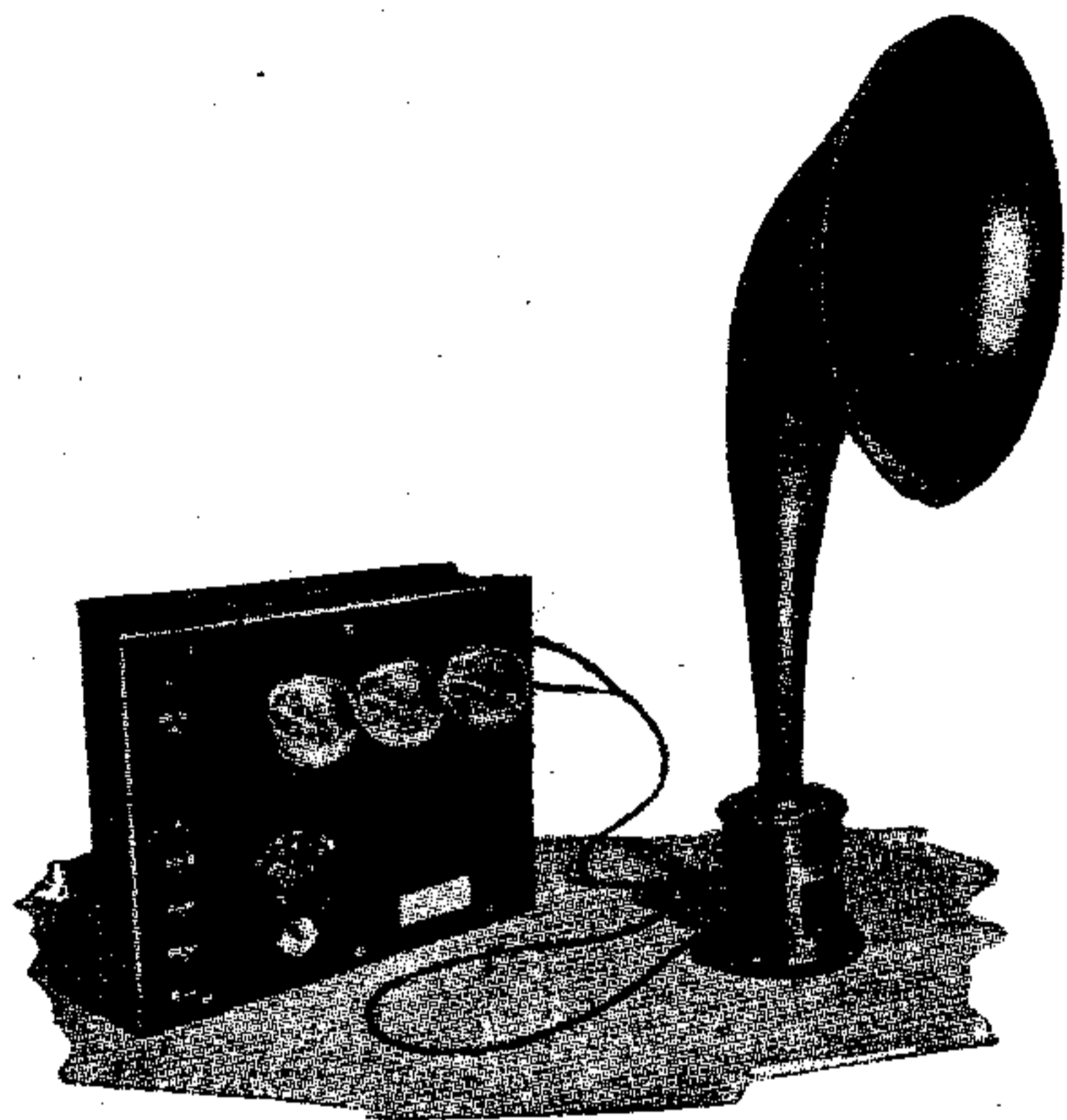



Fig. 108.

ricezione iniziale, per poter funzionare; non sono cioè sensibili.

Quasi tutti gli alto parlanti sono posti nel circuito di un trasformatore telefonico del tipo descritto precedentemente.

In fig. 108 sono rappresentati alcuni tipi di altoparlanti posti in commercio.

CONSIDERAZIONI PRATICHE.

L'amatore che si è costruito un piccolo posto di ricezione, dopo aver faticato un poco a mettersi insieme qualche apparecchio, non creda di poter mettere la cuffia telefonica all'orecchio e di udire subito qualche meraviglioso concerto.

Quasi sempre i segnali sono deboli ed è già una bella cosa poterli udire. Solo dopo qualche paziente ritocco, specialmente alle resistenze ed al circuito di sintonia, si potranno sentire più forti i segnali. Talvolta, si è errato il montaggio del circuito, ed allora bisogna rivedere lo schema e rieseguire le connessioni. Una particolare attenzione si

deve porre per la reazione e per il giusto senso di connessione di questa: se infatti non si riescono ad innescare le oscillazioni, si invertiranno le connessioni della reazione; e se ancora non si ode il rumore caratteristico dell'innescamento, bisognerà variare in più od in meno, per tentativi, il numero delle spire della reazione stessa. Un modo per riconoscere se l'apparecchio oscilla, è quello di toccare con un dito l'antenna. Se si ode un forte colpo al telefono, ciò significa che l'apparecchio è innescato.

PRINCIPALI TRASMISSIONI

Le trasmissioni che oggi maggiormente interessano sono quelle radiotelefoniche, poichè non è necessario conoscere l'alfabeto Morse, e perchè si possono udire concerti, notizie, ecc.

Diamo qui un elenco delle principali stazioni europee ed americane, con le caratteristiche proprie e cioè, il nominativo, lunghezza d'onda, il sistema di trasmissione.

Roma St. Paolo	IDO	11000	arco
Roma Centocelle	ICD	2200	arco
Coltano	ICI	12000	arco
Massaua	ICX	4000	arco
Parigi	FL	2600	smorzata
Parigi	FL	8000	arco
Saint-Assise	MFQ	18000	alternat. alta fr.

Lione	YN	15000	arco e alt. alta fr.
Bordeaux	LY	23400	arco
Nantes	UA	9000	arco
Nauen	POZ	12600 9500 4500	altern. alta fr.
Cilvese..........	OUI	9600	alter. alta fr.
Vienna	OHD	3500	smorzata
Vienna	OHD	4500	onde persistenti
Bruxelles	HS	1650	onde persistenti
Carnarvon	MUU	14500	triodi
Air Ministry ...	GFA	1300 4100	onde persistenti
Oxford	GBL	8750	onde persistenti
Araujez	EAA	2130 3800 6700	onde persistenti
Rocky Point	WQK	16465	altern. alta fr.
Annapolis	NSS	16900	arco
Marion	WSO	11500	onde persistenti
Tuckerton.......	WGG	16100	altern. alta fr.

Trasmissioni radiotelefoniche:

Parigi: FL	2600	11,15	meteo
		6,20	concerto
		10,10	meteo
Radiola (Levallois)	1780	17,50	concerto
		21,—	concerto
Ecole S. P.T.T.	450	19,45	il mar. e mer.
		16,30	sabato
Bruxelles	1300	18,—	mart., merc. e domenica

Olanda: La Hague	1050	15,—	domenica
Londra	240	369 m.	tutte le ore
Birmingham	5IT	420 m.	tutte le ore
Manchester	2ZY	385 m.	tutte le ore
Newcastle	5NO	400 m.	tutte le ore
Cardiff	5WA	353 m.	tutte le ore
Glasgow	5SC	415 m.	tutte le ore
Nizza: Radio Riviera		460 m.	21-22
Praga		1800	16
Losanna		1200	14-15
Ginevra		1200	14-15

Un'altra importante trasmissione è fatta dalla Torre Eiffel (Parigi) ed è quella della trasmissione dell'ora e precisamente: *Segnali orari* (ora di Greenwich).

Alle ore 10 e 44′ cominciano i segnali orari, e proseguono come nello schema indicato, dove i punti e le linee corrispondono ai segnali trasmessi.

Sono trasmessi poi anche dei segnali orari scientifici alle ore 10 e alle 23, che sono costituiti da punti corrispondenti alle oscillazioni del pendolo dell'osservatorio di Parigi. Tali segnali hanno interesse solo per coloro che desiderano avere l'ora con grande precisione, come per le navi, osservatorii, ecc.

La trasmissione viene fatta con onde smorzate e su una lunghezza d'onda di 2600 m.

10,44 — —
10,45 • primo segnale orario
10,45-10,46 silenzio
10,46 — • •
10,47 • secondo segnale orario
10,47-10,48 silenzio
10,48 — • • •
10,49 • terzo segnale orario

Similmente alle ore 22,44 vengono trasmessi altri segnali orari.

MANUALI
HOEPLI

E. Gnesutta

Le
Radio
Comunica-
zioni

L. 9.-

MANUALI HOEPLI

E. GNESUTTA

RADIO
COMUNICAZIONI

RADIOTELEGRAFIA
RADIOTELEFONIA

ULRICO HOEPLI - EDITORE - MILANO